

Ю. А. АЛЕКСЕЕВ
Ю. В. СМИРНОВ
П. И. ЦВАЙГБОЙМ

КАК СКОНСТРУИРОВАТЬ МАГНИТОФОН



МАССОВАЯ РАДИОБИБЛИОТЕКА

Вып. 719

Ю. А. АЛЕКСЕЕВ, Ю. В. СМИРНОВ,
П. И. ЦВАЙГБОЙМ

КАК СКОНСТРУИРОВАТЬ МАГНИТОФОН



«ЭНЕРГИЯ»

МОСКВА 1970

6Ф2.7
А47
УДК 681.846.7

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Берг А. И., Борисов В. Г., Бурдейный Ф. И., Бурлянд В. А., Ванеев В. И., Геништа Е. Н., Жеребцов И. П., Канаева А. М., Корольков В. Г., Кренкель Э. Т., Куликовский А. А., Смирнов А. Д., Тарасов Ф. И., Шамшур В. И.

Алексеев Ю. А. и др.

А47 Как сконструировать магнитофон. М., «Энергия», 1970.

104 с. с илл. (Массовая радиобиблиотека, Вып. 719)

Перед заглавием авт.: Ю. А. Алексеев, Ю. В. Смирнов, П. И. Цвайгбойм.

Рассмотрен весь путь создания магнитофона на транзисторах с электронным импульсным управлением на примере разработанной авторами конструкции.

Книга рассчитана на подготовленных радиолюбителей.

3-4-5
343-69 — 6Ф2.7

Алексеев Юрий Анатольевич, Смирнов Юрий Владимирович, Цвайгбойм Павел Исаевич

Как сконструировать магнитофон

Редактор *Д. А. Кругликов*
Обложка художника *А. А. Иванова*
Технический редактор *Т. Г. Усачева*
Корректор *З. Б. Шлайфер*

Сдано в набор 13/VI 1969 г. Подписано к печати 25/IX 1969 г. Т-11541
Формат 84×108 1/32 Бумага типографская № 2
Усл. печ. л. 5,46 Уч.-изд. л. 6,75
Тираж 80 000 экз Цена 27 коп. Зак. 891

Издательство «Энергия». Москва, Ж-114, Шлюзовая наб., 10.

Владимирская типография Главполиграфпрома
Комитета по печати при Совете Министров СССР.
Гор. Владимир, ул. Победы, д. 18-б.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ

Радиолюбители нашей страны создают много различных оригинальных конструкций. Повторяя готовые или разрабатывая новые, все они творчески подходят к вопросу конструирования аппаратуры. Однако иногда конечный результат получается хуже задуманного. Одной из главных причин неудач являются трудности в правильной организации работ при разработке.

Цель книги — обмен опытом авторов, которые на примере конкретной разработки знакомят читателей со всеми этапами своей работы. В книге приведено несколько вариантов решения основных вопросов разработки. Анализируется каждый вариант. Обосновывается выбранный. Даются расчеты некоторых выбранных узлов. По ходу изложения даются ссылки на литературные источники. Описываются сопутствующие разработке приборы, приспособления.

Итогом работы авторов явилось создание четырехдорожечного стереомагнитофона с электронным импульсным управлением.

Магнитофон был отмечен дипломом I степени и вторым призом на Юбилейной 22 Всесоюзной радиовыставке.

Среди авторов нет специалистов по магнитной записи. Поэтому не исключена возможность принятия неоптимальных решений в процессе разработки. Авторы не навязывают читателям свою разработку, а дают им возможность критически оценить проделанную работу.

Авторы

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время магнитофоны нашли широкое распространение благодаря своим высоким качественным показателям и мобильности в записи и воспроизведении различной информации. И если у Вас появилось желание приобрести магнитофон, то нужно определить сначала, какие основные требования Вы бы хотели предъявить к нему. Затем необходимо ознакомиться с техническими данными существующих промышленных магнитофонов [Л. 1]. Сравнивая предъявляемые требования с конкретными возможностями того или иного магнитофона, можно выбрать наиболее подходящий магнитофон промышленного производства и приобрести его в магазине.

Другим путем приобретения магнитофона является покупка подходящего магнитофона или полуфабриката и доработка его согласно разработанным техническим требованиям. Доработка может включать, например, незначительные изменения в конструкции промышленного магнитофона, введение дополнительных органов управления для удобства эксплуатации, изготовление приставки к магнитофону для расширения его возможностей.

Третий путь — создание своей собственной конструкции по разработанным требованиям. Выбор того или иного пути приобретения магнитофона определяется возможностями радиолюбителя. Доработка магнитофона займет сравнительно немного времени, а создание своей конструкции требует больших затрат и значительного времени. Например, авторы на разработку и изготовление конструкции затратили 2 года. Необходимо также соразмерить предъявляемые требования и материальные затраты на их реализацию.

Тем, кто изберет последний путь, необходимо помнить, что требования, предъявляемые к магнитофонам, быстро меняются. Поэтому, приступая к изготовлению магнитофона, необходимо предварительно изучить состояние современной техники магнитной записи, рассмотреть перспективные направления и предъявить к своей конструкции такие требования, которые не устарели бы к моменту окончания работы над магнитофоном [Л. 6, 8].

В выпускаемых промышленностью магнитофонах основное внимание в настоящее время уделяется вопросам повышения надежности, улучшения отношения сигнал/шум, стабильности движения магнитной ленты и уплотнения записи. Серьезное внимание стали уделять также удобству эксплуатации и внешнему оформлению магнитофонов. В последнее время магнитная запись переходит к более низким скоростям движения магнитной ленты. Если раньше в студийной аппаратуре магнитной записи основной была скорость

76,2 *см/сек*, то сейчас она снижена до 38,1 и даже до 19,05 *см/сек*. В бытовых магнитофонах основной скоростью была 19,05 *см/сек*, сейчас выпускаются магнитофоны со скоростью 9,53 и 4,76 *см/сек*. Появились магнитофоны со скоростью движения носителя звука 2,38 *см/сек* и ниже. Интересно отметить, что снижение скорости движения магнитной ленты происходит без существенного ухудшения качества записи. Это стало возможным благодаря резкому улучшению электроакустических свойств магнитной ленты. Применение новых искусственных материалов позволило при той же прочности уменьшить толщину магнитных лент с 55 до 35 и даже до 12 *мк* и обеспечить их большую гибкость. При малых скоростях движения большая гибкость позволяет улучшить условия записи высоких частот из-за более плотного контакта магнитной ленты с магнитными головками. Кроме того, уменьшение толщины магнитной ленты позволяет при использовании тех же катушек увеличить длительность непрерывной записи или воспроизведения.

Высокие электроакустические качества ленты позволяют применять многодорожечные системы записи. Широкое распространение получила четырехдорожечная система, которая позволяет без существенного снижения качества записи увеличить общее время записи или воспроизведения. В миниатюрных и кассетных магнитофонах применяют магнитные ленты шириной 3,1 *мм*.

Современные магнитные головки, усилители записи и воспроизведения в сочетании с хорошим качеством магнитных лент позволили обеспечить равномерную частотную характеристику магнитофонов в пределах 30—20 000 *гц* при отношении сигнал/шум более 50 *дб*.

Лентопротяжные механизмы современных магнитофонов обеспечивают стабильность движения ленты 0,1—0,2% при коэффициенте детонации 0,08—0,2%.

В последнее время уделяется особое внимание удобству в обращении и эксплуатации магнитофонов. Так, например, для устранения необходимости перемотки и переворачивания катушек в магнитофонах применяют реверсивные ведущие двигатели и два комплекта магнитных головок. В ряде магнитофонов предусмотрен автоматический переход с одной дорожки на другую. При этом магнитофон может беспрерывно воспроизводить установленную запись.

Во многих магнитофонах вводится кнопка «кратковременный стоп». При нажатии этой кнопки происходит быстрая остановка магнитной ленты без выключения двигателей и усилителей. Это позволяет избежать «завывания» звука, получающегося во время разгона ленты, облегчает монтаж ленты и позволяет производить кратковременные пропуски в записи.

В ряде магнитофонов предусмотрена «трюковая запись».

Очень удобны устройства остановки и выключения лентопротяжного механизма при обрыве или окончании перемотки магнитной ленты — автостопы. Однако в магнитофонах с малыми скоростями движения магнитной ленты автостопы применения не нашли в виду того, что рабочее натяжение ленты мало и практически обрывы ленты встречаются крайне редко.

В последние годы в некоторых зарубежных странах появились магнитофоны с кассетами. Обычно в кассетах заправлена магнитная лента, свернутая в бесконечную петлю. Применение таких кассет в магнитофонах значительно упрощает их обслуживание.

К числу новшеств, вводимых в магнитофонную технику, относится электронное дистанционное управление, которое значительно рас-

ширяет возможности магнитофона, например дает возможность подключить магнитофон к программирующему устройству или создать автоматический секретарь.

Для записи звука синхронно с киносъемочной аппаратурой в некоторых магнитофонах введены отдельные магнитные головки для записи и воспроизведения сигналов синхронизации. Начали разрабатываться магнитофоны, оснащенные устройством для подключения диапроектора, позволяющие автоматически производить смену диапозитивов и воспроизводить дикторский текст.

В последних разработках нашли применение усилители записи, содержащие автоматическую регулировку усиления (АРУ). Такой усилитель имеет один вход для подключения различных источников сигнала (микрофон, звукосниматель, линия). Уровень записи с применением АРУ поддерживается оптимальным, что позволяет исключить его ручную регулировку.

Для увеличения динамического диапазона магнитофонов применяют специальные устройства, которые сжимают диапазон записываемого сигнала и расширяют его при воспроизведении.

До недавнего времени во всех бытовых магнитофонах применялась одна универсальная головка, служащая как для записи, так и для воспроизведения звука. Однако, учитывая различие требований, предъявляемых к головкам записи и воспроизведения, в последнее время для улучшения качества записи разрабатываются магнитофоны с раздельными головками записи и воспроизведения. По этой же причине в некоторых магнитофонах стали использоваться и отдельные усилители для записи и воспроизведения звука.

В ряде зарубежных магнитофонов применяются двухобмоточные головки записи для раздельной подачи записываемого сигнала и тока высокочастотного подмагничивания. Преимуществом такой головки является расширение частотного диапазона при малых скоростях движения магнитной ленты. Ведутся работы по созданию высокочастотного подмагничивания отдельной головкой, которая размещается напротив головки записи с некоторым смещением в сторону подающего узла. Магнитная лента движется между головками. Сначала лента попадает в зону поля подмагничивания, а затем в зону поля записи, поэтому запись не подвергается размагничиванию и уровень ее значительно повышается особенно на высоких частотах.

ГЛАВА ПЕРВАЯ

ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ

РАЗРАБОТКА ОСНОВНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫХ К КОНСТРУИРУЕМОМУ МАГНИТОФОНУ

Разрабатываемый магнитофон предназначен для применения в домашних условиях. В связи с этим он должен быть магнитофоном широкого применения с возможностью использования в качестве диктофона, автоматического секретаря, обучающего устройства и устройства для озвучивания любительских кинофильмов и диапозитивов. Магнитофон должен осуществлять запись с микрофона, электропроигрывателя, приемника и трансляционной линии. Для обеспечения возможности записи и воспроизведения стереофонического вещания магнитофон должен иметь два автономных и идентичных тракта запись — воспроизведение, которые при необходимости могут быть использованы для одновременной записи — воспроизведения двух монофонических программ.

Так как в магнитофоне желательно объединить функции диктофона и автоматического секретаря, то его система управления должна предусматривать автоматический режим работы. Наиболее легко обеспечить автоматический режим работы при использовании реверсирования направления движения магнитной ленты. Применение двухканальной записи и реверсирования направления движения обусловливает выбор четырехдорожечной записи.

Для удобства работы с магнитофоном последний должен быть выполнен в виде переносной конструкции с внешними акустическими агрегатами и комбинированным питанием.

На основании сказанного можно перейти к разработке основных технических требований, предъявляемых к конструируемому магнитофону. При этом следует руководствоваться существующими стандартами:

ГОСТ 11478-65 «Приемники радиовещательные, телевизионные, электрофоны, магнитофоны. Механические, климатические требования и методы испытаний»;

ГОСТ 12107-66 «Магнитофоны радиовещательные, основные параметры» (взамен ГОСТ 8088-62);

ГОСТ 12392-66 «Магнитофоны бытовые. Основные параметры». «Технические требования» (взамен ГОСТ 8088-62);

ГОСТ 12416-66 «Магнитофоны. Методы испытаний».

Для обеспечения высококачественной записи и воспроизведения музыкальных программ частотный диапазон сквозного канала (запись — воспроизведение) должен быть не менее 30—15 000 *гц* при коэффициенте нелинейных искажений не более 3%, а динамический диапазон не менее 50 *дб*.

Чувствительность каналов записи при работе от микрофона и линии (электропроигрывателя, приемника, трансляционной линии) должна бы не хуже 1 *мв* и 1 *в* соответственно.

Для получения хорошего качества стереофонической записи необходимо, чтобы рассогласование частотных характеристик каналов в рабочем диапазоне частот не превышало 2—5 *дб*. Переходное затухание между стереоканалами должно быть не менее 40 *дб* на частоте 1 000 *гц*.

Качество записи в значительной степени зависит от типа используемых магнитных лент. Из отечественных магнитных лент лучшими электроакустическими свойствами при меньшей толщине (35 *мк*) и хорошей эластичности обладает лента типа 10 [Л. 9]. Поэтому при разработке будем рассчитывать на применение этой ленты.

При выборе скорости движения магнитной ленты надо иметь в виду то, что с увеличением скорости улучшается полоса воспроизводимых частот и динамический диапазон, снижаются требования к отдельным узлам магнитофона. С другой стороны, уменьшение скорости движения магнитной ленты позволяет существенно уменьшить ее расход, увеличить время звучания и сконструировать магнитофон с меньшими габаритами. Предъявляемые выше качественные показатели могут быть реализованы при скорости движения магнитной ленты 9,53 *см/сек*. В режиме «диктофон» для увеличения длительности звучания целесообразно применить меньшую скорость движения магнитной ленты (4,76 *см/сек*).

Согласно ГОСТ 7704-61 для портативных магнитофонов I и II классов установлены номера катушек 15 и 13, вмещающих 360 и 250 метров ленты типа 10.

Для обеспечения качественной записи необходимо, чтобы магнитная лента перемещалась с постоянной заданной скоростью. Отклонения средней скорости от номинального значения не должны превышать 0,2—0,5%, иначе будет заметно искажение тональности звучания. Периодические и непериодические колебания мгновенной скорости с частотой больше 0,1 *гц* (детонация) также не должны превышать 0,1—0,2%, так как они приводят к колебаниям высоты тона (детонации), которые воспринимаются на слух в виде «плавания» или хриплости звучания.

Время ускоренной перемотки магнитной ленты вперед или назад должно быть менее 3 *мин*. В режиме «диктофон» время пуска не должно превышать 0,1 *сек*, а в остальных режимах 2 *сек*.

Разрабатываемый магнитофон должен работать с сохранением всех качественных показателей при изменении питающего напряжения от 10 до 20 *в*. Максимальное потребление тока от источника напряжением 12 *в* не должно превышать 0,25 *а*, габаритные размеры магнитофона 400×300×100 *мм*, а вес 6 *кг*.

Для контроля и установки уровня записи в магнитофоне должен быть предусмотрен индикатор уровня записи. Так как в режиме монофонической записи магнитофон является четырехдорожечным, то возникает опасность в ошибочной записи звука на занятую дорожку. Чтобы этого избежать, необходимо в конструкции предусмотреть индикатор номера дорожки. Кроме того, необходимо предусмот-

реть возможность контроля напряжения источников питания, которые в процессе работы разряжаются. Проектируемый магнитофон должен работать в диапазоне температур —10 ÷ +40° С. Рабочее положение магнитофона должно быть любым.

Учитывая, что стереофонические записи воспроизводят в основном только в домашних (стационарных) условиях, целесообразно стереофонический оконечный усилитель низкой частоты вынести из магнитофона в отдельный блок. Это позволит значительно уменьшить габариты и вес конструкции. В магнитофоне достаточно установить контрольный усилитель низкой частоты с выходной мощностью 1 *вт*. Вынесенный стереофонический усилитель мощности лучше всего выполнить в виде отдельной конструкции со своей акустической системой.

Конструируя магнитофон, необходимо стремиться к повышению надежности, простоты и удобства в эксплуатации. Важное значение имеет хорошее внешнее оформление магнитофона.

Таким образом, к проектируемому магнитофону можно предъявить следующие технические требования:

1. Скорость движения ленты 9,53 *см/сек* и 4,76 *см/сек*.
2. Отклонения скорости от номинального значения — не более 0,5%.
3. Неравномерность скорости движения ленты в диапазоне от 0,1 до 300 *гц* — не более 0,2%.
4. Применяемая лента — тип 10.
5. Рабочий диапазон частот 30—15 000 *гц* на скорости 9,53 *см/сек* и 50—7 000 *гц* на скорости 4,76 *см/сек*.
6. Относительный уровень шумов сквозного канала магнитофона — не менее 50 *дб*.
7. Коэффициент гармонических искажений в сквозном канале по электрическому напряжению на частоте 400 *гц* — не более 3%.
8. Переходное затухание между дорожками монофонической записи на частоте 80 *гц* — не менее 30 *дб*.
9. Переходное затухание между стереоканалами на частоте 1 000 *гц* — не менее 40 дб.
10. Рассогласование характеристик стереоканалов в рабочем диапазоне частот — не более 5 *дб*.
11. Напряжение источников питания — сеть переменного тока 220 и 127 *в* ±20% или $12\pm^{8}_{2}$ *в* при питании от автономных источников питания.
12. Максимальный размер катушек — № 15.
13. Время ускоренной перемотки — не более 3 *мин*.
14. Время запуска — не более 2 *сек*.
15. Время пуска в режиме диктофона — не более 0,1 *сек*.
16. Габаритные размеры — не более 400×300×100 *мм*.
17. Вес — не более 6 *кг*.
18. Диапазон рабочих температур —10 ÷ +40° С.
19. Выходная мощность контрольного усилителя 1 *вт*.
20. Применяемый тип магнитных головок — от магнитофона «Яуза-10».
21. Число дорожек — 4.
22. Возможность автоматического реверса и коммутации дорожек.
23. Рабочее положение — любое.
24. Дистанционное управление.

25. Количество предварительных усилителей — 2.
26. Количество оконечных усилителей — 1.
27. Магнитофон должен иметь индикаторы:
   уровня записи и воспроизведения;
   номера дорожек;
   контроля напряжения питания.
28. Максимальный потребляемый ток от источника 12 *в* — не более 0,25 *а*.
29. Чувствительность:
   по микрофонному входу 1 *мв*,
   по линейному входу 1 *в*.
30. Должна быть предусмотрена возможность сопряжения магнитофона с кинопроектором или диапроектором.
31. Напряжение на линейных выходах — не менее 0,5 *в*.

МАТЕРИАЛЬНАЯ БАЗА

После разработки технических требований к магнитофону перед началом макетирования отдельных узлов конструкции необходимо подготовить рабочее место, инструмент и приборы.

Макетирование электрических узлов магнитофона лучше производить на специальной монтажной панели с контактами для паек. К монтажной панели прикрепляют специальные стойки, чтобы для удобства работы панель можно было установить в различных положениях. Для проведения электромонтажной части работы необходим обычный набор инструментов монтажника.

Для макетирования и настройки магнитофона необходимы следующие приборы:

1. Авометр.
2. Генератор звуковых частот.
3. Осциллограф низкочастотный.
4. Стробоскоп.
5. Измеритель нелинейных искажений.
6. Милливольтметр.

Для питания отдельных узлов магнитофона при макетировании необходим стабилизированный источник питания с регулируемым выходным напряжением в пределах 5—25 *в* при максимальном токе до 0,5 *а*. Для контроля потребляемого тока тем или иным узлом целесообразно на выходе источника питания установить амперметр, рассчитанный на 0,5 *а*.

ГЛАВА ВТОРАЯ
МАКЕТИРОВАНИЕ

ПЛАНИРОВАНИЕ РАБОТ

По мере разработки и обоснования основных требований, предъявляемых к конструируемому магнитофону, определяется необходимый объем макетирования. Целью макетирования является проверка правильности выбора отдельных узлов, верности их расчета и взаимодействия между собой. Процесс макетирования значительно упро-

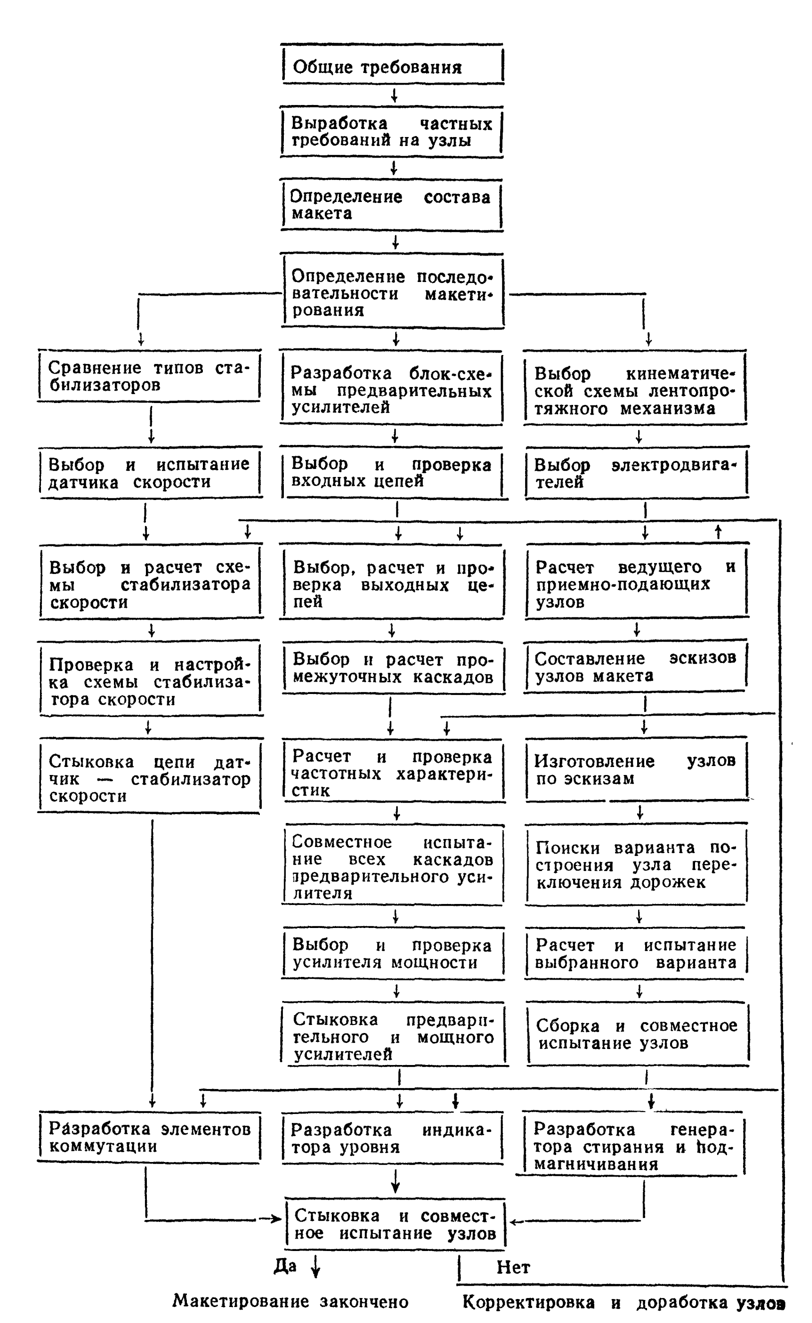


Рис. 1. Рабочий график макетирования.

щается, когда за основу конструкции берется готовая разработка. В этом случае макетированию подлежат только те элементы конструкции, которые претерпевают изменения.

Типовой рабочий график макетирования узлов магнитофона приведен на рис. 1. Этого графика авторы придерживались в процессе работы. После разработки и обоснования основных требований и частных требований, предъявляемых к конструируемому магнитофону и отдельным узлам, определяется состав макета. В рассматриваемом случае он содержал лентопротяжный механизм (ЛПМ), предварительные усилители в режиме воспроизведения, предварительные усилители в режиме записи, усилитель мощности, генератор стирания и подмагничивания, электронный стабилизатор скорости и индикатор уровня. Отдельно макетировались элементы коммутации. Участие в макете двух комплектов предварительных усилителей объясняется необходимостью проверки повторяемости параметров схемы, облегчения настройки сквозного канала запись — воспроизведение и измерения детонации. В ходе макетирования уточнялись и корректировались частные требования, предъявляемые к отдельным узлам. После настройки и проверки каждого узла производилась стыковка и совместное испытание взаимодействия всех частей макета. Некоторые характеристики отдельных узлов, например коэффициент детонации, измерялись после совместного испытания узлов. Результаты испытаний сравнивались с основными техническими требованиями. Соответствие техническим требованиям означает конец макетирования.

Авторами были выбраны, рассчитаны, промакетированы и испытаны все узлы описываемого магнитофона. Для облегчения работы радиолюбителя над разработкой своей конструкции и анализа результатов макетирования ниже будут приведены не только конечные результаты макетирования, но и промежуточные варианты и решения построения отдельных узлов. Часть приведенных вариантов может быть применена при некотором изменении основных требований, предъявляемых к конструируемому магнитофону.

Макетирование удобно проводить на макетных платах, закрепленных на стойках-ножках, которые позволяют придать плате любое рабочее положение. В процессе электрической стыковки узлов необходимо предусматривать и их механические соединения. При испытании макета следует стремиться к максимальному воспроизведению реальных условий работы и учету всех факторов, влияющих на работу этих узлов. Чем полнее проведено макетирование, тем меньшее число доработок потребуется в изготовленной конструкции.

УСИЛИТЕЛИ

В состав магнитофона входят два предварительных усилителя и усилитель мощности. Предварительные усилители предназначены для усиления сигналов звуковых частот, сопряжения с универсальными головками в режиме записи и воспроизведения и обеспечения требуемых частотных характеристик.

Предварительный усилитель. Каждый предварительный усилитель (ПУ) должен удовлетворять следующим техническим требованиям:

номинальное входное напряжение (чувствительность по входу) $\leqslant 1$ *мв* на частоте 400 *гц*;

уровень шумов $\leqslant 55$ *дб*;

коэффициент нелинейных искажений $\leqslant 1\%$;

напряжение на линейном выходе $\geqslant 0{,}5$ *в*;

неизменность параметров при изменении напряжения питания от 10 до 20 *в*;

рассогласование параметров каналов не более 5 *дб*;

согласование с высокоомной головкой от магнитофона «Яуза-10» в режимах записи и воспроизведения;

частотная характеристика должна обеспечивать оптимальную компенсацию частотных искажений, вносимых трактом запись — воспроизведение в рабочем диапазоне частот 30 *гц* — 15 *кгц* при скорости движения магнитной ленты 9,53 *см/сек*. Используемая в конструкции универсальная головка от магнитофона «Яуза-10» имеет следующие основные параметры:

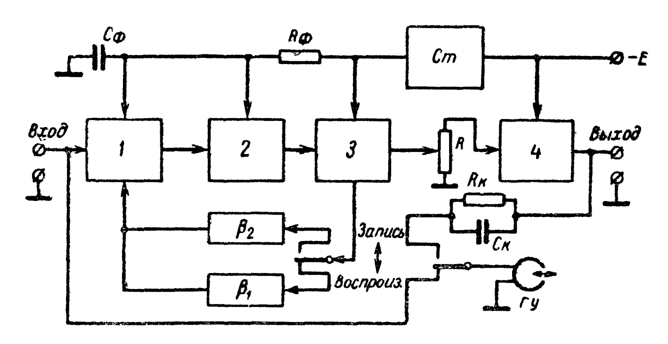


Рис. 2. Блок-схема предварительного усилителя.

индуктивность $L_г = 1$ *гн*;

сопротивление постоянному току $R_г = 1 \div 1{,}2$ *ком*;

э. д. с. при 100%-ной модуляции ленты на частоте 400 *гц* $E_г = 1$ *мв*;

ток записи $I_{г.з} = 0{,}03 \div 0{,}06$ *ма*;

ток подмагничивания $I_{г.п} = 0{,}3 \div 0{,}6$ *ма*.

От выходного напряжения ПУ зависит ток головки в режиме записи. Учитывая индуктивный характер головки, рассчитаем компенсирующую цепочку $R_к C_к$, включаемую последовательно с универсальной магнитной головкой (рис. 2) в режиме записи:

$$R_к = \frac{2\pi f_в L_г}{1{,}6} = 62\ ком;$$

$$C_к = \frac{1}{(2\pi f_в)^2 L_г} = 120\ пф,$$

где $f_в$ — верхняя рабочая частота, равная 15 000 *гц*.

Зная величину тока записи головки и параметры компенсирующей цепочки $R_к C_к$, определяем выходное напряжение усилителя в режиме записи без учета коррекции на частоте 400 *гц*:

$$U_{вых} = I_{г.з} \sqrt{R_к^2 + \left(2\pi f L_г\right)^2} = 4\ в.$$

Отсюда коэффициент усиления усилителя на этой частоте будет равен:

$$K = \frac{U_{вых}}{E_{вх}} = 4\,000.$$

Стандартная частотная характеристика усилителя в режиме воспроизведения для скорости 9,53 *см/сек* предполагает подъем частотной характеристики в области низких частот до 20 *дб*, т. е. на низкой частоте коэффициент усиления усилителя по напряжению должен возрасти еще в 10 раз. Такое общее усиление может обеспечить четырехкаскадный усилитель, если усиление каждого каскада будет не менее 10—15.

Блок-схема предварительного усилителя приведена на рис. 2. Требования по уровню шумов в основном предъявляются к первому каскаду *1*, который должен иметь при минимальном уровне собственных шумов оптимальное согласование с головкой. Необходимая коррекция частотной характеристики при записи и воспроизведении определяется цепями обратной связи β_1 и β_2. Выходное сопротивление третьего каскада *3* должно быть небольшим, чтобы исключить шунтирующее влияние цепей обратной связи и уменьшить действие наводок от регулятора уровня запись — воспроизведение R, который может быть вынесен за пределы усилителя. Выходной каскад *4* при малых нелинейных искажениях должен обеспечивать требуемое выходное напряжение для питания универсальной магнитной головки в режиме записи. Требование неизменности параметров усилителя при изменении в широких пределах питающего напряжения выполняется с помощью стабилизатора напряжения *Ст* и жесткой стабилизации режима выходного каскада. С целью предотвращения возбуждения по цепям питания и исключения проникновения помех от двигателей применен фильтр $R_ф C_ф$.

Входной каскад. Основная трудность при разработке усилителя заключается в сопряжении высокоомной универсальной магнитной головки с усилительным каскадом на транзисторе.

Магнитную головку можно представить как генератор э. д. с., тока или мощности. В каждом случае будут различные критерии согласования.

В первом случае входной каскад должен иметь высокое входное сопротивление, равное или превышающее полное сопротивление магнитной головки на верхней частоте рабочего диапазона. Во втором случае входное сопротивление должно быть достаточно мало, чтобы обеспечить в нагрузке максимальное значение тока (на каждой частоте рабочего диапазона частот). Наконец, в третьем случае входное сопротивление первого каскада выбирают из условия передачи в нагрузку максимума мощности.

Эффективность того или иного способа согласования высокоомной универсальной головки с усилителем проверялась экспериментальным путем. Магнитная головка, заключенная в электростатический экран, помещалась в магнитное поле катушки, которая подключалась к звуковому генератору. Амплитуда сигнала выбиралась так, чтобы на частоте 400 *гц* э. д. с. головки оказалась равной 1 *мв*. Головка подсоединялась к усилителю, полоса пропускания которого была строго постоянна. Входное сопротивление усилителя принимало следующие значения: 100 *ом*, 10 и 500 *ком*, для чего входной каскад собирался соответственно по схеме с общей базой, общим эмиттером

и общим коллектором. Режим транзистора выбирался оптимальным с точки зрения минимума шумов: $U_{э.к}=1$ *в*; $I_э=0{,}1$ *ма*. Измерялось отношение сигнал/шум. Эксперимент показал, что при прочих равных условиях схема с общим эмиттером имеет на 8 *дб* меньше уровень шумов, чем две другие схемы, а выходной сигнал усилителя на 14 *дб* больше, чем схема с общей базой, и на 3,3 *дб* больше, чем схема с общим коллектором. Для уменьшения частотных искажений и повышения температурной стабильности первые три каскада имеют гальваническую связь между собой (рис. 3) и питаются от стабилизированного источника напряжением 8 *в*.

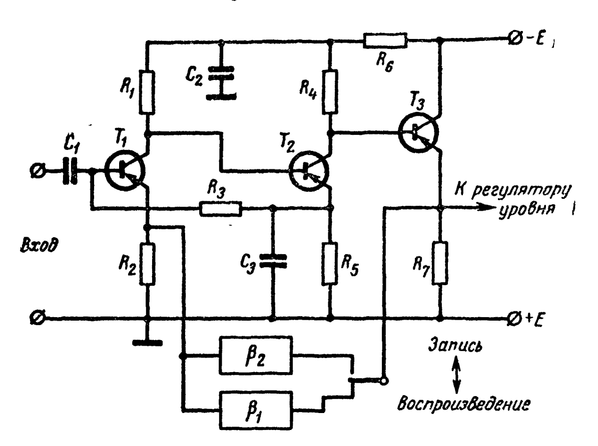


Рис. 3. Схема входных каскадов предварительного усилителя.

Режим первого транзистора T_1 выбирают из условия получения малого уровня шумов. Для большинства маломощных транзисторов минимальный уровень шумов обеспечивается при $U_{к.э}=1$ *в* и $I_к=0{,}1$ *ма*. Напряжение питания первого и второго каскада E_1 выбираем равным 5 *в*, тогда падение напряжения на RC-фильтре, состоящем из резистора R_6 и конденсатора C_2, составит 3 *в*.

Экспериментальным путем было установлено, что оптимальное согласование магнитной универсальной головки получается при соотношении

$$\frac{R_к}{R_2} \approx 40,$$

где $R_к$ — приведенное сопротивление в цепи коллектора транзистора T_1;

R_2 — сопротивление, включенное в эмиттерную цепь транзистора T_1.

Напряжение на коллекторе транзистора T_1 определяется следующим выражением:

$$U_{к1} = U_{к.э1} + \frac{E_1 - U_{к.э1}}{R_к} R_2.$$

Подставив выбранные значения $U_{к.э}$, E_1 и отношение R_2 к $R_к$, находим значение $U_{к1}$, которое оказывается равным 1,1 *в*.

Это напряжение приложено к базе транзистора T_2 второго каскада. Транзистор T_2 также целесообразно поставить в малошумящий режим ($U_{к.э2}=1$ *в* и $I_{к2}=0,4$ *ма*). Выбираем транзисторы T_1 типа М28, а T_2 и T_3 типа МП15 с коэффициентом усиления по току $B_{ст}$, равным 30.

Ток базы транзистора T_2, определяемый из выражения

$$I_{б2}=\frac{I_{к2}}{B_{ст}},$$

для нашего случая оказывается равным 0,013 *ма*.

По выходным характеристикам транзистора типа МП15 для $I_{к2}=0,4$ *ма* и $I_{б2}=0,013$ *ма* находим напряжение эмиттер — база $U_{э.б}$, которое оказывается равным 0,22 *в*.

Зная напряжение $U_{э.б2}$, $U_{к1}$ и $I_{к2}$, по следующей формуле определяем сопротивление резистора R_5, включенного в эмиттерную цепь транзистора T_2:

$$R_5=\frac{U_{к1}-U_{э.б2}}{I_{к2}}=2,2\ ком.$$

Напряжение на коллекторе транзистора T_2 окажется равным:

$$U_{к2}=U_{к1}-U_{э.б2}+U_{к.э2}=1,9\ в.$$

Выходное сопротивление трех каскадов, как указывалось выше, должно быть небольшим, поэтому транзистор T_3 включаем по схеме с общим коллектором и выбираем сопротивление резистора R_7, включенного в цепь эмиттера, равным 620 *ом*, тогда ток эмиттера транзистора T_3 оказывается равным:

$$I_{э3}=\frac{U_{к2}-U_{э.б3}}{R_7}=2,5\ ма,$$

где $U_{э.б3}=0,3$ *в* — напряжение эмиттер — база транзистора T_3, а ток базы этого транзистора приблизительно в $B_{ст}$ раз меньше тока коллектора $I_{к3}$, т. е. 0,083 *ма*. Зная $U_{к2}$, E_1, $I_{к2}$ и $I_{б3}$, по следующей формуле найдем сопротивление резистора R_4, включенного в коллекторную цепь транзистора T_2:

$$R_4=\frac{E_1-U_{к2}}{I_{к2}+I_{б3}}=6,5\ ком.$$

Таким же образом определяем сопротивление резистора R_1, учитывая ток коллектора T_1 и ток базы T_2,

$$R_1=\frac{E_1-U_{к1}}{I_{к1}+I_{б2}}=35\ ком.$$

Сопротивление резистора R_2 оказывается равным:

$$R_2=\frac{U_{к1}-U_{э.к1}}{I_{к1}}=1\ ком.$$

Резистор R_3 ограничивает ток базы T_1, который обеспечивает выбранный режим первого транзистора

$$I_{б1} = \frac{I_{к1}}{B_{ст}} = 0,0033\ ма,$$

отсюда находим сопротивление этого резистора:

$$R_3 = \frac{U_{э.к1} - U_{э.б1} - U_{э.б2}}{I_{б1}} = 210\ ком.$$

Сопротивление резистора фильтра R_6 определяется из следующего выражения:

$$R_6 = \frac{E - E_1}{I_{к1} + I_{к2} + I_{б3}} = 4,5\ ком.$$

Конденсатор C_1 выбирают с возможно меньшим током утечки. Его емкость должна быть не меньше

$$C_1 \geqslant \frac{10}{R_{вх}\, 2\pi f_н} = 5,3\ мкф,$$

где $f_н$ — нижняя частота рабочего диапазона частот;
$R_{вх}$ — входное сопротивление предварительного усилителя, примерно равное 10 *ком*.

Таким образом, емкость этого конденсатора должна быть не меньше 5 *мкф*. Аналогично определяют емкости остальных конденсаторов:

$$C_2 \geqslant \frac{10}{R_6 2\pi f_н} = 10\ мкф;$$

$$C_3 \geqslant \frac{10}{R_5 2\pi f_н} = 20\ мкф.$$

Полученные значения сопротивлений резисторов и емкостей конденсаторов округляют до ближайшего стандартного номинала.

Результаты макетирования входных каскадов показали достаточно высокую точность рассмотренного метода расчета. Коэффициент усиления первых трех каскадов по напряжению $K=200$. Усилитель стабильно работает при температуре окружающей среды до +45° С. Отношение сигнал/шум при замкнутом входе составляет 66 *дб*, а с подключенной магнитной головкой 50 *дб*.

Цепи коррекции. Произведем расчет коррекции усилителя в режиме воспроизведения. Так как э. д. с. воспроизводящей головки увеличивается с повышением частоты с крутизной 6 *дб* на октаву, то поэтому коэффициент усиления усилителя в режиме воспроизведения должен уменьшаться с крутизной 6 *дб* на октаву.

Чтобы качество воспроизведения одной и той же записи на разных магнитофонах было по возможности одинаковым, частотные характеристики усилителей воспроизведения строго нормированы. В области нижних частот частотная характеристика усилителя воспроизведения должна совпадать с характеристикой изменения полного сопротивления *RC*-цепи, постоянная времени которой для скорости движения магнитной ленты 9,53 *см/сек* должна составлять 140 *мксек*.

Подъем частотной характеристики усилителя в режиме воспроизведения должен начинаться с 600 *гц* в сторону нижних частот. При граничной нижней частоте 30 *гц* подъем усиления на ней должен составлять не менее 24 *дб*. Схема цепи коррекции приведена на рис. 4, она включена между выходом третьего каскада предварительного усилителя и эмиттером первого транзистора.

Коэффициент передачи отрицательной обратной связи β на частотах свыше 600 *гц* определяется выражением

$$\beta = \frac{A-1}{K},$$

где $A = K_{f_н}/K_{600}$, а K — максимальный коэффициент усиления предварительного усилителя без частотно-зависимой отрицательной обратной связи. Для рассматриваемого усилителя коэффициент β оказывается равным 0,075.

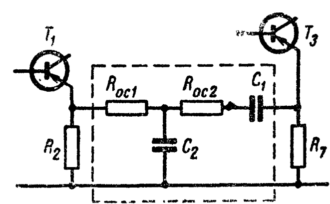


Рис. 4. Цепь частотной коррекции предварительного усилителя.

Найдем полное сопротивление обратной связи на частоте 600 *гц*:

$$Z_{ос} = R_2 \frac{1-\beta}{\beta} = 13\,ком.$$

На средних частотах, начиная с 600 *гц* и выше, влияние конденсаторов C_1 и C_2 незначительно, поэтому глубина отрицательной обратной связи определяется величиной сопротивлений резисторов $R_{о.с1}$ и $R_{о.с2}$. Выбираем их равными $0{,}5\,Z_{о.с}$, т. е. 6,5 *ком*. Емкость конденсатора C_1 выберем таким образом, чтобы его реактивное сопротивление на частоте 300 *гц* оказалось равным $Z_{о.с}$, при этом условии коэффициент усиления усилителя на частоте 300 *гц* окажется приблизительно в 2 раза больше, чем на частоте 600 *гц*, отсюда

$$C_1 = \frac{1}{2\pi f_1 Z_{о.с}}.$$

Подставив $f_1 = 300$ *гц* и $Z_{о.с} = 13$ *ком*, найдем емкость конденсатора C_1, которая оказывается равной 0,045 *мкф*.

Конденсатор C_2 служит для частичной коррекции усилителя воспроизведения в области верхних частот (выше 5 *кгц*). Его действие заключается в уменьшении глубины отрицательной обратной связи в области верхних частот.

В рассматриваемой конструкции величина C_2 выбирается из условия, чтобы на частоте $f_2 = 10$ *кгц* глубина отрицательной обратной связи уменьшилась в 2 раза:

$$C_2 = \frac{1}{2\pi f_2 R_{о.с2}} = 2\,600\,пф.$$

В режиме записи подъем частотной характеристики в области низких частот должен отсутствовать, поэтому конденсатор C_1 должен выполнять функции разделительного вплоть до нижней границы диапазона $f_н = 30$ *гц*, т. е. его величину выбирают из условия

$$C_1 \geqslant \frac{10}{2\pi f_н Z_{о.с}} = 5\,мкф.$$

Окончательную настройку цепей коррекции производят совместно с выходным каскадом ПУ и лентопротяжным механизмом. При этом в режиме воспроизведения отладку производят при воспроизведении измерительной ленты, а в режиме записи — по линейности сквозной частотной характеристики всего тракта в целом.

Выходной каскад предварительного усилителя рассматривался прежде всего как каскад, согласующий высокоомную головку записи с предварительным усилителем. Для получения 100%-ной модуляции магнитной ленты необходимо обеспечить ток записи в магнитной головке, равный 0,03—0,06 *ма*. На высшей частоте рабочего диапазона частот $f_в=15$ *кгц* сильное влияние оказывают потери в магнитной головке из-за щелевого эффекта и в магнитной ленте. Поэтому требуется дополнительный подъем частотной характеристики записи до 20 *дб*. В связи с этим максимальное напряжение на выходе оконечного каскада на частоте 15 *кгц* при токе записи, равном 0,6 *ма*, должно быть не менее

$$U_{вых} \geqslant I_{зап} Z_г = I_{зап} 2\pi f_в L_г = 55\ в,$$

где $L_г$ — индуктивность магнитной головки.

Применять повышающий трансформатор для выходного напряжения $U_{вых}=55$ *в* нежелательно, так как он неизбежно резко ухудшит электрические параметры усилителя.

Авторами было рассмотрено несколько возможных вариантов построения выходного каскада. Самым простым оказался вариант с применением настроенного контура. Коллекторная цепь выходного транзистора представлена комплексной нагрузкой (рис. 5). Активная часть нагрузки на низких и средних частотах работает как в обычном усилителе на резисторах, так как реактивное сопротивление контура мало. С повышением частоты большая доля напряжения выделяется на индуктивности. Катушка контура в этом случае выполняет роль автотрансформатора высоких частот, а выходное напряжение каскада складывается из падения напряжения на резисторе R_3 и напряжения трансформированного индуктивностью катушки. Оно будет возрастать по мере приближения к резонансу.

Режим работы транзистора выбирается из соображения минимального ухода рабочей точки при изменении напряжения питания и температуры. Для уменьшения нелинейных искажений каскад охвачен отрицательными обратными связями по постоянному и переменному току. Транзистор выбирается с большим коэффициентом усиления $B_{ст} \geqslant 50$ и предельным напряжением коллектор — эмиттер не менее 30 *в*. Это вызвано необходимостью получения коэффициента усиления по напряжению не менее 20 и возможным перенапряжением из-за реакции контура. Наиболее подходит транзистор типа П20. Зададимся рабочим током коллектора, который не должен превышать допустимого для режима А, $I_к=4$ *ма*. Линейный режим обеспечивается прежде всего равенством падений напряжений на транзисторе и нагрузке при отсутствии сигнала. Из этого условия сопротивление резистора R_3 окажется равным:

$$R_3 = \frac{E}{2I_к} = 1{,}5\ ком.$$

Резистор R_4 определяет глубину отрицательной обратной связи каскада. Однако его сопротивление не должно быть большим, так как в противном случае уменьшится максимальное выходное напряжение.

Выбираем R_4 равным 30 *ом*. Падение напряжения на этом резисторе при отсутствии входного сигнала оказывается равным:

$$U_{R_4} = I_к R_4 = 120 \text{ мв}.$$

Определив ток базы (для $B_{ст}=50$) $I_{б.н}=0{,}08$ *ма*, по входным характеристикам транзистора типа П20 определяем напряжение $U_{э.б}$:

$$U_{э.б} = 0{,}4 \text{ в}.$$

Следовательно, напряжение на резисторе R_1 окажется равным:

$$U_{R_1} = \frac{E}{2} - U_{R_4} - U_{э.б} = 5{,}45 \text{ в}.$$

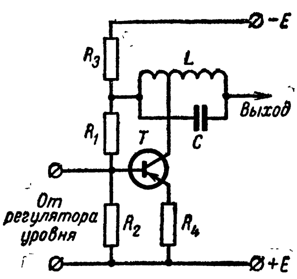


Рис. 5. Схема выходного каскада предварительного усилителя.

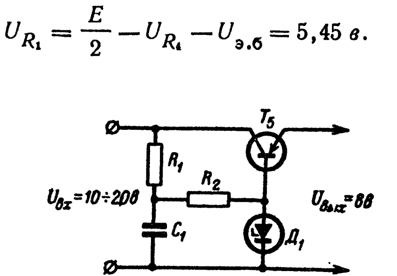


Рис. 6. Схема стабилизатора напряжения предварительного усилителя.

Ток базового делителя не должен оказывать большого влияния на работу коллекторной цепи, поэтому выбираем его величину $I_{R_1} \geqslant 3I_б$. Отсюда

$$R_1 = \frac{U_{R_1}}{I_{R_1}} = 23 \text{ ком};$$

$$R_2 = \frac{U_{R_4} + U_{э.б}}{2I_б} = 3{,}25 \text{ ком}.$$

Индуктивность катушки и соотношение ее витков находились опытным путем для имеющегося в наличии ферритового броневого сердечника типа ОБ-12. Добротность катушки $Q=20$. Индуктивность $L=100$ *мгн*. Оптимальное соотношение витков $w_2/w_1=4$. Емкость конденсатора контура $C=1\,000$ *пф*. Контур настраивают в резонанс на верхнюю частоту рабочего диапазона частот (15—16 *кгц*). Сопротивление нагрузки выходного каскада предварительного усилителя не должно быть меньше 20 *ком*, в противном случае добротность контура заметно уменьшается.

Стабилизатор напряжения. Для поддержания постоянного питающего напряжения на первых трех каскадах предварительных усилителей применяют стабилизатор напряжения на транзисторе типа П15 (рис. 6). Одновременно он выполняет роль электронного фильтра, ослабляющего помехи со стороны электродвигателей. Сопротивление резисторов R_1 и R_2 выбирают, чтобы обеспечить необходимый ток базы транзистора T_5 и стабилитрона $Д_1$ при пониженном напряжении питания $E_{вх}=10$ *в*. Стабилитрон выбирают типа Д808 с напряжением стабилизации $U_{ст}=8{,}3$ *в* (минимальный ток стабилизации $I_{ст}=$

$=0,3$ *ма*). Поскольку планировалось применять один стабилизатор напряжения для питания двух предварительных усилителей, то ток нагрузки оказывается равным

$$I_н = 2(I_{к1} + I_{к2} + I_{к3}) = 6\ ма;$$

ток базы транзистора $I_б = \frac{I_н}{B_{ст}} = 0,2$ *ма*, где $B_{ст} = 30$.

Напряжение, приложенное к резисторам $R_1 + R_2$, равно:

$$U_R = E_{вх} - U_{ст} = 1,7\ в.$$

Отсюда суммарное сопротивление этих резисторов определяют как

$$R_1 + R_2 = \frac{U_R}{I_{ст} + I_б} = 3,4\ ком.$$

Для лучшей фильтрации выходного напряжения к общей точке резисторов R_1 и R_2 подключают конденсатор фильтра C_1. Наибольшее фильтрующее действие конденсатора будет при равенстве номиналов резисторов R_1 и R_2. Емкость конденсатора должна быть не меньше

$$C \geqslant \frac{10}{2\pi f_н R_ф} = 25\ мкф,$$

где $R_ф = R_1 = R_2 = 1,7$ *ком*.

Испытание предварительного усилителя. После сборки двух комплектов усилителей со стабилизатором напряжения производят проверку работоспособности и снятие частотных характеристик при различных напряжениях питания (10—20 *в*). Значения напряжений на электродах транзисторов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Наименование	Напряжение, *в*		
	Эмиттер	База	Коллектор
Входные каскады T_1	—0,1	—0,2	—1
» » T_2	—0,85	—1	—1,9
» » T_3	—1,7	—1,9	—8,3
Выходной каскад T_4	—0,15	—0,35	—6,8
Стабилизатор напряжения T_5	—8,3	—8,5	—12

Измерение проводят ламповым вольтметром типа А4-М2 при напряжении источника питания $E = 12$ *в*. Усилитель стабильно работает при изменении напряжения питания в пределах 10—20 *в*. С повышением напряжения увеличивается общий коэффициент усиления по напряжению на частоте 1 000 *гц* с 3 500 до 4 000. Усиление первых трех каскадов остается постоянным. Максимальное неискаженное выходное напряжение предварительного усилителя на частоте 1 000 *гц* меняется от 3,5 до 7 *в* Разброс параметров от образца к образцу (схема повторялась много раз) не превышал 20—30%, в том числе разброс коэффициента усиления и частотных характеристик. Одинаковые коэффициенты усиления обоих предварительных усилителей устанавливают путем подбора сопротивления резистора R_4 (рис. 5), а ча-

стотные характеристики — подбором элементов коррекции в цепях обратной связи и подстройкой контуров в выходных каскадах. В режиме воспроизведения контур дает подъем верхних частот больше необходимого, поэтому его шунтируют резистором, сопротивление которого подбирают при испытании с измерительной лентой.

При испытании предварительных усилителей с лентопротяжным механизмом было исследовано влияние различных шумовых факторов на динамический диапазон конструируемого магнитофона. Результаты исследования сведены в табл. 2.

Таблица 2

Источник сигнала	Напряжение выхода, *в*	Относительный уровень, *дб*
Установочный уровень 400 *гц*, воспроизводимый с измерительной ленты	2,5	0
Шумы усилителя с замкнутым входом	$1{,}25 \cdot 10^{-3}$	—66
Шумы усилителя с активным эквивалентом головки на входе	$4{,}7 \cdot 10^{-3}$	—55
Шумы усилителя с универсальной головкой от «Яуза-10» на входе	$8 \cdot 10^{-3}$	—50
То же при включенном лентопротяжном механизме	$11 \cdot 10^{-3}$	—47
Воспроизведение размагниченной магнитной ленты	$14 \cdot 10^{-3}$	—45

Из таблицы видно, что дальнейшее расширение динамического диапазона магнитофона за счет уменьшения шумов усилителя (ниже —55 *дб*) нецелесообразно, так как высок уровень шумов магнитной головки, причем частотный спектр шумов головки неравномерен по диапазону и увеличивается в области высоких частот. Исходя из этого, канал воспроизведения, настраиваемый с помощью измерительной ленты ЛИР-1, имеет небольшой спад частотной характеристики на частотах выше 3 *кгц* (рис. 7). Амплитудно-частотные характери-

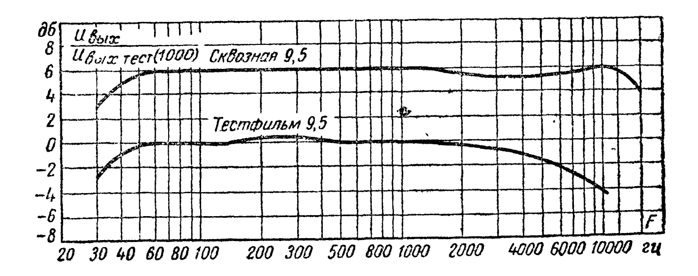


Рис. 7. Амплитудно-частотные характеристики воспроизводящего и сквозного каналов.

стики предварительного усилителя в режиме воспроизведения и записи приведены соответственно на рис. 8 и 9.

Усилитель мощности. Магнитофон рассчитывался в основном для работы на внешнюю акустическую систему и внешние усилители мощности. Поэтому его внутренний оконечный усилитель является

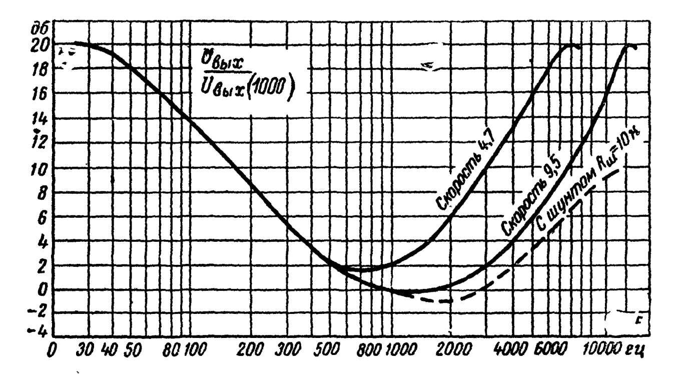


Рис. 8. Амплитудно-частотная характеристика предварительного усилителя магнитофона в режиме воспроизведения.

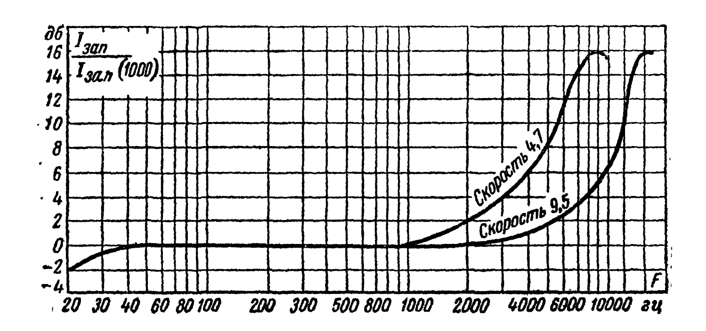


Рис. 9. Амплитудно-частотная характеристика предварительного усилителя магнитофона в режиме записи.

контрольным. Усилитель не имеет регулировок тембра. Его технические характеристики должны удовлетворять следующим требованиям:

1. Выходная мощность при нагрузке $R_н=6$ *ом*, $P \geqslant 1$ *вт.*
2. Коэффициент нелинейных искажений $\gamma = 1\%$.
3. Полоса пропускания 30 *гц* — 15 *кгц*.
4. Частотная коррекция должна обеспечивать оптимальную компенсацию спада частотной характеристики собственной акустической системы.
5. Входное сопротивление $R_{вх} \geqslant 30$ *ком*.
6. Коэффициент полезного действия усилителя $\eta \geqslant 50\%$.

7. Независимость параметров при изменении напряжения питания в пределах 10—20 *в*.

Схема усилителя приведена на рис. 10. Построение выходной части схемы неоднократно описывалось в литературе и особых пояснений не требует. К отличительной особенности усилителя следует отнести высокое входное сопротивление и коррекцию частотной характеристики акустической системы магнитофона. Высокое входное сопротивление требуется для согласования с высоким выходным сопротивлением ПУ, поэтому входной каскад выполнен по схеме с общим коллектором. Усилитель охвачен глубокой отрицательной обратной

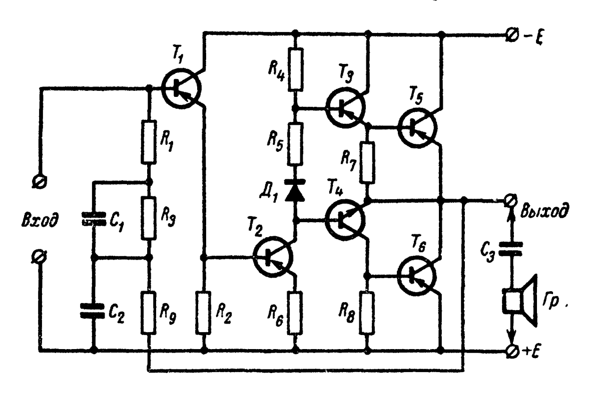


Рис. 10. Схема усилителя мощности.

связью по переменному и постоянному току. Обратная связь по переменному току содержит элементы коррекции на низких частотах C_1 и высоких частотах R_9C_2. Их расчет аналогичен расчету элементов обратной связи ПУ. Окончательный подбор элементов коррекции производят после сборки магнитофона по качеству звучания.

Настройка усилителя сводится к подбору сопротивления резистора R_3. Равенство напряжений на транзисторах T_5 и T_6 указывает на оптимальный выбор режима работы усилителя. При этом ток покоя не должен превышать 15 *ма*.

Совместное испытание усилителя мощности с предварительными усилителями показало, что суммарное усиление превышает необходимое для получения в режиме воспроизведения выходной мощности 1 *вт*. По этой причине последовательно входной цепи усилителя мощности было решено включить ограничительный резистор. С увеличением напряжения питания увеличивается максимальная неискаженная мощность усилителя.

ГЕНЕРАТОР СТИРАНИЯ И ПОДМАГНИЧИВАНИЯ

От генератора стирания и подмагничивания (ГСП) зависит коэффициент нелинейных искажений, динамический диапазон и уровень амплитудных помех. Генератор должен иметь строго симметричную форму напряжения, достаточную колебательную мощность и высокий к.п.д.

Частоту колебаний генератора выбирают исходя из минимума потерь на нагревание головок. Однако понижение частоты может привести к появлению комбинационных частот со звуковой частотой в пределах полосы пропускания магнитофона. Поэтому выбирают частоту генератора стирания и подмагничивания в 3—5 раз выше верхней частоты рабочего диапазона частот ($f=70$ *кгц*).

Условие симметричности формы тока стирания и подмагничивания легче обеспечить при использовании двухтактной схемы генератора.

В режиме работы «стерео» генератор должен быть нагружен на две головки стирания и две цепи подмагничивания, т. е. от него требуется повышенная мощность. Наибольший к. п. д. имеют ключевые схемы. В последних легко обеспечить высокую симметричность формы сигнала.

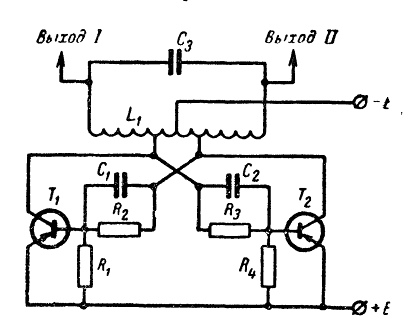


Рис. 11. Схема генератора стирания и подмагничивания.

Принципиальная схема ГСП приведена на рис. 11. Частота переключения мультивибратора определяется колебательным контуром L_1C_3, который является его нагрузкой. Транзисторы T_1 и T_2 работают в режиме ключа. Это позволяет резко повысить к. п. д. генератора и применить в нем маломощные транзисторы. Транзисторы выбираются с малым сопротивлением насыщения, высоким допустимым напряжением эмиттер — коллектор и большим током переключения. Наиболее подходящими являются транзисторы типа МП26А. Для уменьшения влияния импульсного тока транзисторов на форму колебаний генератора применяют контур с достаточно большой добротностью, а коэффициент включения его в схему мультивибратора выбирают небольшим.

Произведем расчет соотношения витков обмотки катушки контура. Напряжение на выводах катушки *«Выход I»* и *«Выход II»* относительно земли должно быть достаточным для получения нормального тока в головке стирания. Головка стирания от магнитофона «Яуза-10» имеет следующие основные параметры:

индуктивность $L_c=4$ *мгн;*
сопротивление $R_c=10$ *ом;*
ток стирания $I_c=30$ *ма.*

Необходимое напряжение стирания, подаваемое на стирающую головку, оказывается равным:

$$U_c = I_c \sqrt{R_c^2 + (\omega_c L_c)^2} = 50\ в,$$

где $\omega_c = 2\pi f$ — круговая частота генератора стирания.

Максимальное напряжение на коллекторах транзисторов не превышает

$$U_к = \frac{E}{\sqrt{2}} = 8,5\ в.$$

Следовательно, соотношение витков каждого плеча обмотки относительно среднего вывода должно быть равно:

$$n = \frac{U_c}{U_к} = 6,25.$$

В процессе экспериментов с ГСП проверялась возможность подключения к коллекторам транзисторов генератора головок стирания настроенных в резонанс напряжения. Было получено удовлетворительное стирание магнитной ленты, однако в связи с большим разбросом параметров стирающих головок и сильным влиянием настройки стирающих головок на частоту генератора, такая схема включения оказалась неприемлемой. Катушку контура ГСП помещают в ферритовый броневой сердечник типа ОБ-12 с магнитной проницаемостью 1 000. Катушка состоит из 65+15+15+65 витков проводов ПЭВ-10,15. При намотке необходимо принимать меры против пробоя между крайними витками обмотки. Номиналы всех элементов схемы уточняются опытным путем после предварительного расчета.

Для получения максимального эффекта стирания при малом потреблении энергии была проделана работа по созданию двухщелевой 4-дорожечной ферритовой головки стирания. Головка выполнялась на базе феррита с высокой проницаемостью. Ферритовый сердечник имел Ш-образную форму. Обработка сердечника велась абразивными инструментами. В зазоры были вставлены слюдяные прокладки 50 и 200 *мк*. После намотки катушек и сборки головка заливалась клеем.

Сравнение параметров этой головки со стирающей головкой от промышленного магнитофона «Яуза-10» не показало явного преимущества самодельной головки. Анализ показал, что причиной неудачи явилось применение арматуры крепления сердечников головки из проводящего материала — латуни. Вихревые токи приводили к потерям.

Подмагничивание. Назначением подмагничивания является выведение рабочей точки на характеристике магнитного материала звуконосителя в линейную рабочую область. В студийных магнитофонах уровень подмагничивания выбирается несколько больше оптимального для уменьшения влияния неравномерности структуры ленты и зазора между головкой и лентой. Оптимальным считается уровень, когда лента промагничивается на всю толщину. От толщины ленты зависит соотношение отдачи на низких и высоких частотах. Эффективная толщина ленты на высоких частотах резко уменьшается. Например, для скорости 9,53 *см/сек* на частоте 15 *кгц* эффективная толщина равна 1 *мк*, а остальная часть рабочего слоя выполняет роль магнитного шунта. Поэтому для равномерности отдачи звуконосителя на всех частотах ток подмагничивания устанавливают меньше оптимального, таким образом, чтобы он был оптимален для частоты 6—8 *кгц*. Лента промагничивается при этом примерно на 2,5 *мк*, что значительно выравнивает частотную характеристику за счет уменьшения отдачи на низких и средних частотах. Нелинейные искажения в таком режиме подмагничивания несколько возрастают. Из сказанного следует, что для записи широкого спектра частот на малых скоростях желательно использовать звуконоситель с возможно меньшей толщиной рабочего слоя. Из отечественных лент этому условию удовлетворяют магнитные ленты типов 10 и 12. Эти ленты имеют также хорошую равномерность полива рабочего слоя, что необходимо для четырехдорожечной записи. Для получения оптимального тока подмагни-

чивания в универсальной головке $I_п = 0{,}3 \div 0{,}6$ *ма* требуется приложить напряжение, равное

$$U_п = I_п \omega_с L_г = 260 \ в.$$

Чтобы упростить коммутацию и монтаж цепей этого напряжения, было решено формировать его непосредственно в цепи записи универсальной головки, используя для этого напряжение головок стирания. Принцип увеличения напряжения основан на резонансных свойствах контура. Применение резонансного контура сильно уменьшает нелинейные искажения тока подмагничивания. Контур состоит из катушки индуктивности L_1, конденсаторов C_1, C_2, емкости монтажа, экранированного соединительного провода, головки (рис. 12). Схема составлена таким образом, чтобы паразитные емкости являлись элементами последовательного контура. На универсальную головку поступает напряжение, увеличенное примерно в Q раз.

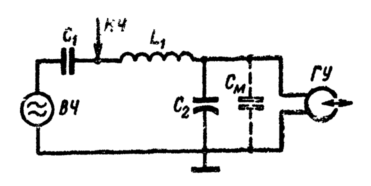


Рис. 12. Эквивалентная схема цепи подмагничивания.

Подстроечный конденсатор C_2, регулируя настройку контура, изменяет величину тока подмагничивания. Суммарная емкость всех конденсаторов не должна составлять с индуктивностью головки резонанс в пределах рабочего диапазона частот. Звуковая частота поступает в цепь головки через катушку индуктивности L_1, которая оказывает ей весьма малое сопротивление, конденсатор C_1 препятствует замыканию токов низкой частоты через колебательный контур генератора ГСП.

ИНДИКАТОР УРОВНЯ

Некоторые образцы зарубежных магнитофонов не имеют индикаторов уровня записи. Это может быть оправдано, если магнитофон содержит систему автоматической регулировки уровня записи, обеспечивающую постоянный уровень записи независимо от изменения входного сигнала. В разрабатываемой конструкции предполагается использовать индикатор уровня не только для индикации уровня записи и воспроизведения, но и для указания номера установленной дорожки и контроля напряжения питания магнитофона.

Схема включения индикатора и цепей коммутации приведена на рис. 13. Микроамперметр *И* включен в диагональ выпрямительного моста, состоящего из полупроводниковых диодов $Д_1$, $Д_2$, $Д_3$, $Д_4$. Если кнопка $П_1$ замыкает контакты *1* и *2*, то на выпрямительный мост подается смешанный сигнал с выходов предварительных усилителей в режиме записи или воспроизведения. В режиме записи конденсатор C_8 шунтирует высокочастотный ток подмагничивания. Если кнопка $П_1$ замыкает контакты *3* и *4*, то индикатор контролирует номера дорожек, при этом на него подается постоянное напряжение питания генератора стирания и подмагничивания через один из резисторов R_3—R_6.

Принцип индикации номеров дорожек заключается в том, что каждой дорожке должна соответствовать своя комбинация элементов коммутации. Для уменьшения количества элементов полезно исполь-

зовать имеющиеся средства коммутации как для переключения цепей стирающих головок, так и для переключения цепей индикации. Каждая цепь индикации состоит из резисторов R_3—R_6, сопротивление ко-

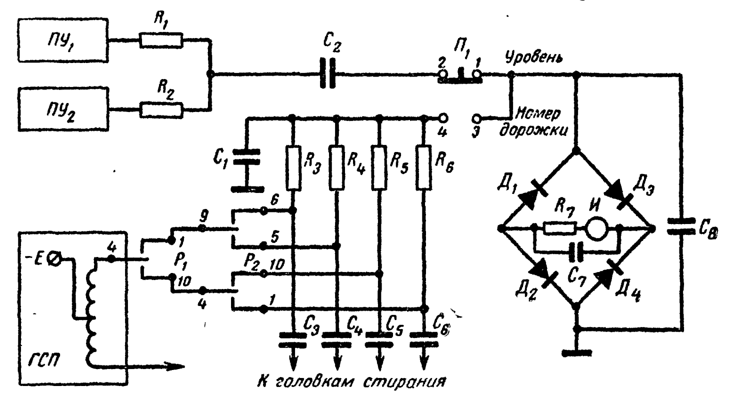
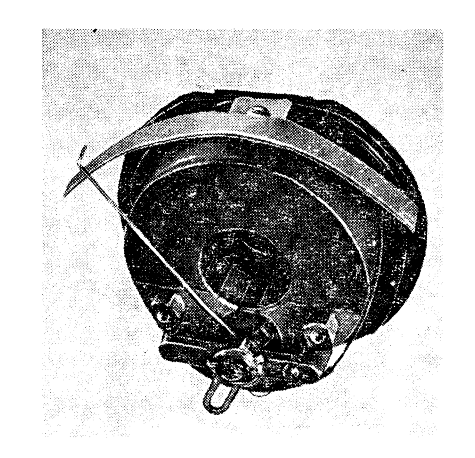


Рис. 13. Схема включения индикатора.

торых подбирается для четырех фиксированных значений тока отклонения стрелки микроамперметра. Конденсаторы C_3—C_6 служат для предотвращения попадания на головки стирания постоянного напряжения с генератора ГСП. Конденсатор C_1 совместно с одним из резисторов R_3—R_6 образует RC-фильтр, препятствующий проникновению на вход индикатора напряжения стирания с генератора ГСП. Номер дорожки определяется по шкале индикатора, разделенной на четыре сектора. Каждый сектор соответствует своему номеру дорожки.


Рис. 14. Общий вид микроамперметра М592 после доработки.

Напряжение питания магнитофона определяется по положению стрелки индикатора внутри сектора выбранной дорожки.

Конструкция индикатора показана на рис. 14. За основу взят микроамперметр М592 на 50 *мка* и подвергнут доработке для увеличения длины шкалы, улучшения ее формы и уменьшения общей площади, занимаемой индикатором на лицевой панели магнитофона. Доработка заключается в следующем. Разогретым шеллаком к концу стрелки приклеивают тонкий алюминиевый проводок, который на конце изгибают под прямым углом. Под изогнутым

концом стрелки размещают шкалу, которая крепится поверх магнитной системы микроамперметра. Облицовку шкалы выполняют из тонкого органического стекла.

Регулировка микроамперметра заключается в балансировке подвижной системы, которая нарушилась после удлинения стрелки. Операция балансировки производится путем напайки на «усы» противовесов дополнительных грузиков. Если прибор отбалансирован правильно, то стрелка не смещается от нулевой отметки при изменении положения прибора.

Проверку правильности индикации уровня записи или воспроизведения производят совместно с предварительными усилителями.

СТАБИЛИЗАТОР СКОРОСТИ

Особое внимание при разработке магнитофона уделялось стабилизации скорости движения магнитной ленты. Вал ведущего двигателя должен вращаться равномерно с постоянной скоростью незави-

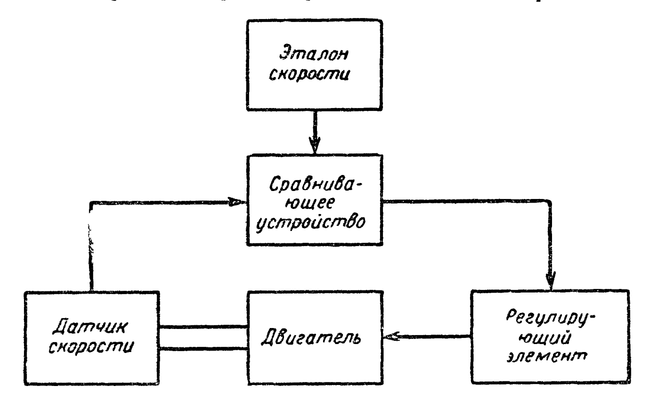


Рис. 15 Общая блок-схема стабилизатора скорости вращения ведущего электродвигателя.

симо от влияния таких дестабилизирующих факторов, как изменение напряжения питания, нагрузка на валу, изменение температуры и др. Равномерность вращения ведущего вала лентопротяжного механизма должна быть лучше, чем заданная стабильность движения магнитной ленты. Всякая схема стабилизации скорости представляет собой замкнутую следящую систему (рис. 15). В рассматриваемой конструкции к следящей системе предъявлялись требования высокой чувствительности к малейшим изменениям скорости вращения ведущего вала в пределах заданной стабильности движения 0,1%. Высокая скорость реакции на такие изменения обеспечивает инерционные качества системы.

Для выяснения точности стабилизации скорости различными следящими системами и сравнительной их оценки были изучены их свойства и проведены экспериментальные исследования. Самым простым стабилизатором скорости является центробежный регулятор. Контак-

ты центробежного регулятора обеспечивают выполнение всех функций элементов следящей системы. Эталоном скорости в этом случае служат упругие качества пружин контактов прерывателя. При тщательной наладке центробежный регулятор обеспечивает стабилизацию скорости вращения с точностью ±2%. Такая точность может считаться удовлетворительной для простых конструкций, если инерционные свойства маховика обеспечивают мгновенную стабильность в пределах заданной детонации.

Точность стабилизации скорости определяется параметрами эталона скорости и чувствительностью сравнивающего устройства. Применяя в качестве эталона скорости кварцевый генератор, а в качестве сравнивающего устройства фазовый детектор, можно обеспечить точность стабилизации скорости ±0,05% и выше. В этом случае применяют двухступенчатый стабилизатор скорости, состоящий из грубого и точного. Грубый обеспечивает при пуске и переходных режимах определенные скорости вращения, в интервале которых работает точный. Недостатком двухступенчатого стабилизатора скорости является необходимость применения недостаточно виброустойчивых, относительно громоздких и дорогих элементов. Более простые стабилизаторы скорости, применяемые в любительских и промышленных конструкциях магнитофонов, основываются на сравнении амплитуды, частоты или периода сигнала, снимаемого с датчика скорости с эталонным сигналом. Они не содержат дефицитных деталей, имеют более простые схемы и могут быть использованы для электрического переключения скорости вращения электродвигателя.

Таблица 3

Исследуемый вариант	Элементы следящей системы				
	Датчик	Эталон скорости	Сравнивающее устройство	Регулирующий элемент	Двигатель
Потенциальный	Постоянного напряжения	Стабиловольт	Балансный усилитель постоянного тока	Транзистор	Постоянного тока
Частотный	Синусоидального напряжения	RC-фильтр со ступенчатой частотной характеристикой	Детектор	То же	То же
Частотный	Синусоидального напряжения	LC-контур	То же	»	»
Импульсный	Импульсов	Генератор калиброванной длительности	Схема совпадения	»	»

Авторами был исследован ряд следящих систем, использующих различные варианты датчиков, эталонов скорости и сравнивающих устройств (табл. 3). Критерием оценки являлась крутизна изменения напряжения на эквиваленте двигателя при изменении сигнала, снимаемого с датчика, и изменение скорости вращения вала электродвигателя при воздействии возмущающих факторов (нагрузки и напряжения питания). Измерение скорости производилось с помощью стробоскопа.

Анализ следящей системы со связью по постоянному току показал ее низкие точностные характеристики. Рассматривались два варианта стабилизатора в зависимости от применяемого датчика. Бо́льшую точность обеспечивает следящая система с применением тахогенератора. Здесь точность определяется в основном параметрами стабиловольта, играющего роль эталона скорости, и стабильностью нуля усилителя постоянного тока (УПТ). Оба этих элемента весьма чувствительны к изменению температуры. Кроме того, УПТ чувствителен к

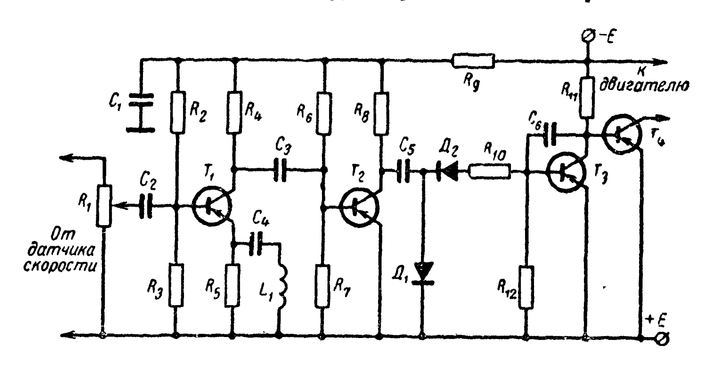


Рис. 16. Схема стабилизатора скорости вращения ведущего электродвигателя с LC-контуром.

изменению напряжения питания. Например, при изменении температуры на 10° С из-за дрейфа нуля УПТ и изменения опорного напряжения скорость электродвигателя изменяется на 0,7—1%, что недопустимо. Другое исполнение этого варианта с использованием датчика, реагирующего на изменение тока в обмотке якоря электродвигателя (резистор, включенный последовательно с электродвигателем), обеспечивает еще меньшую точность.

Стабилизатор скорости с датчиком синусоидального напряжения и RC-фильтром испытывался на макете. Предметом исследования служили в основном параметры RC-фильтра со ступенчатой частотной характеристикой. За основу брался активный RC-фильтр нижних частот. Была достигнута максимальная крутизна ступени частотной характеристики фильтра 3—5 *дб* на 1% изменения частоты датчика скорости в области больших затуханий фильтра. Реализовать такой фильтр в конкретной схеме следящей системы не представилось возможным из-за малого коэффициента передачи фильтра. Более полно исследовался стабилизатор скорости вращения электродвигателя с датчиком синусоидального напряжения и LC-контуром. Принципиальная схема стабилизатора приведена на рис. 16. Сигнал с датчика поступает на резонансный усилитель, собранный на транзисторе T_1, далее усиливается транзистором T_2 и после выпрямления (диоды $Д_1$ и $Д_2$) поступает на регулирующий элемент, собранный на транзисторах T_3, T_4. Частота сигнала, снимаемого с датчика, пропорциональна скорости вращения электродвигателя

Напряжение на выходе усилителя изменяется с изменением частоты входного сигнала, достигая максимума при совпадении частоты с резонансной частотой контура L_1O_4. Нормально транзистор T_3

заперт, а T_4, включенный последовательно с электродвигателем, отперт (внутреннее сопротивление мало), и электродвигатель начинает набирать обороты. При этом напряжение на выходе выпрямителя возрастает по абсолютной величине. При достижении напряжения отпирания транзистора T_3 последний запирает транзистор T_4. Электродвигатель начинает снижать обороты, частота входного сигнала уменьшается, и рассмотренный процесс повторяется. При достаточно высокой добротности контура ($Q \geqslant 20$) стабилизатор поддерживает скорость вращения электродвигателя с точностью 0,5—1% при изменении окружающей температуры от —10 до +50° С. Недостатком рассмотренного стабилизатора является малое быстродействие, что

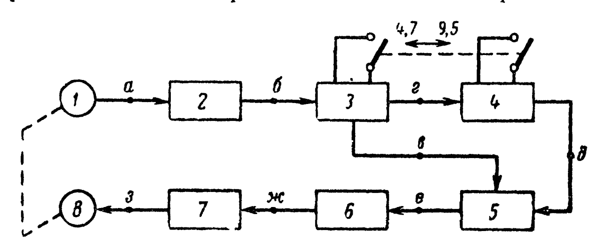


Рис. 17. Блок-схема импульсного стабилизатора скорости вращения ведущего электродвигателя.

заставляет применять маховик с большим моментом инерции, и малая устойчивость.

Для электрического переключения скорости вращения электродвигателя (скорости движения магнитной ленты) необходимо изменять частоту настройки *LC*-контура.

Авторами был разработан стабилизатор скорости, свободный от недостатков, присущих другим вариантам. С помощью применения импульсной системы слежения за скоростью удалось реализовать высокую точность стабилизации (0,1—0,2%) при высокой надежности, гибкости управления и относительной простоте. В основу стабилизатора скорости положен метод сравнения периода вращения электродвигателя с калиброванной длительностью импульсов опорного генератора. На рис. 17 приведена блок-схема стабилизатора. Временные диаграммы в различных точках схемы показаны на рис. 18. Импульсный датчик *1* вырабатывает двухполярные импульсы *а* с частотой, пропорциональной (равной) скорости вращения электродвигателя *8*. Эти импульсы формируются формирователем *2* (диаграмма 18-*б*) и запускают ждущий мультивибратор *3*, вырабатывающий импульсы *в* длительностью T_2. Продифференцированные спады этих импульсов *г* запускают второй ждущий мультивибратор *4*, вырабатывающий импульсы *д* длительностью T_3. С выходов этих мультивибраторов импульсы *в* и *д* поступают на схему совпадения *5*. Частичное совпадение этих импульсов произойдет в том случае, когда период следования импульсов, снимаемых с импульсного датчика, T_1 станет меньше суммарной длительности импульсов T_2 и T_3, вырабатываемых рассмотренными ждущими мультивибраторами. Импульсы *е* с выхода схемы совпадения подаются на пиковый детектор *6*, формирующий запрещающий сигнал *ж*, который далее поступает на регулирующий элемент *7* управления электродвигателем. На диаграмме *з* показано напряжение питания электродвигателя.

Рассмотрим динамику работы схемы. В момент включения магнитофона на запись или воспроизведение на ведущий электродвигатель подается полное напряжение питания, так как на регулирующем элементе 7 нет запрещающего сигнала и он отперт. Когда электродвигатель наберет определенное число оборотов и период повторения импульсов с датчика (T_1) станет меньше суммарной длительности импульсов мультивибраторов (T_2+T_3), на выходе схемы совпадения появится импульс, который сигнализирует о том, что скорость превышает номинальную. Пиковый детектор преобразует этот импульс в

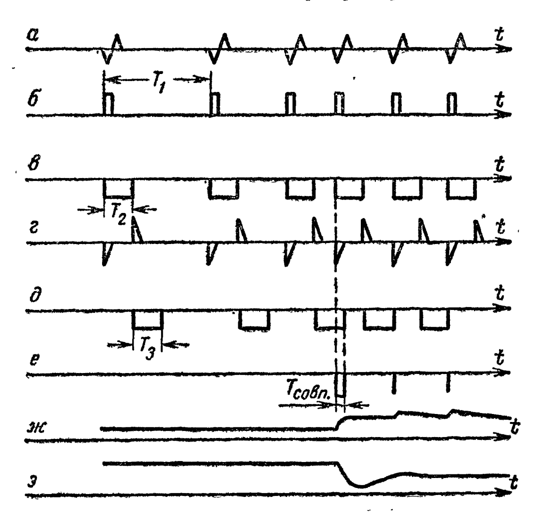


Рис. 18. Временные диаграммы в различных точках импульсного стабилизатора скорости вращения ведущего электродвигателя.

сигнал постоянного уровня, который запирает регулирующий элемент. Напряжение питания электродвигателя уменьшается и скорость вращения снижается до номинальной.

В установившемся режиме схема совпадения формирует настолько узкий импульс, что его длительность становится соизмеримой с фронтом и спадом импульсов мультивибраторов и его амплитуда уменьшается. На выходе пикового детектора устанавливается какой-то средний уровень. Благодаря этому регулирующий элемент чутко реагирует на малейшие изменения скорости электродвигателя в сторону как уменьшения, так и увеличения числа оборотов.

Рассмотренная система стабилизатора позволяет достигнуть точности стабилизации скорости вращения электродвигателя 0,5% при воздействии всех ранее перечисленных дестабилизирующих факторов. В нормальных условиях нестабильность вращения ведущего вала не превышает 0,1%.

На рис. 19 приведена принципиальная схема формирователя импульсов датчика и первого ждущего мультивибратора. Рабочая точка транзистора T_1 формирователя выбрана таким образом, чтобы он отпирался только отрицательным импульсом датчика. По амплитуде

импульс ограничивается насыщением транзистора. Далее сформированный и усиленный импульс через дифференцирующую цепочку C_2R_3 и разделительный диод $Д_1$ поступает на запуск мультивибратора (T_2, T_3). Диод $Д_1$ исключает дальнейшее воздействие запускающе-

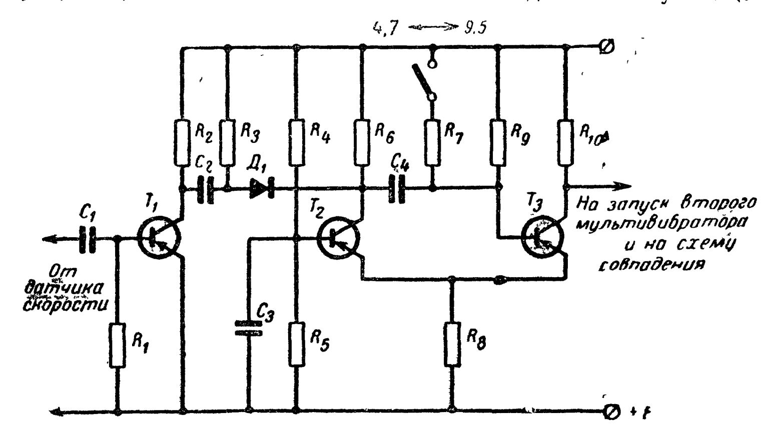


Рис. 19. Принципиальная схема формирователя импульсов и первого ждущего мультивибратора.

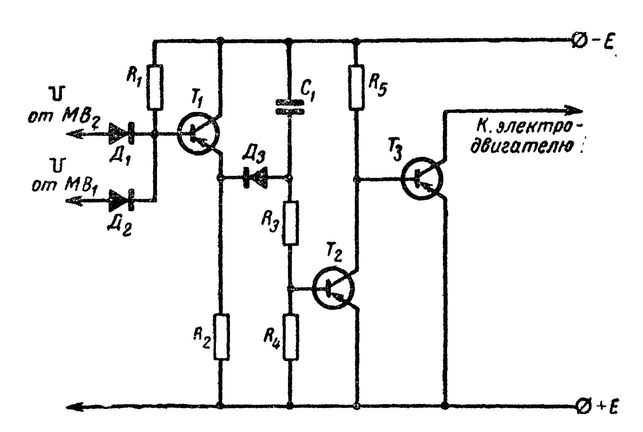


Рис. 20. Принципиальная схема выходной части стабилизатора скорости вращения ведущего электродвигателя.

го импульса на мультивибратор после его запуска. Такая же цепочка должна предшествовать и второму мультивибратору при запуске его от первого. Изменяя параметры цепочки R_9C_4 путем подключения переключателем резистора R_7, можно менять длительность рабочего импульса мультивибратора в 2 раза и более (для переключения скорости движения магнитной ленты). Все импульсные каскады рассчитывались по методике, предложенной в [Л. 4].

Принципиальная схема выходной части стабилизатора скорости представлена на рис. 20. Она содержит схему совпадения, пиковый детектор и регулирующий элемент. Схема совпадения состоит из двух диодов $Д_1$, $Д_2$ и эмиттерного повторителя на транзисторе T_1. Пиковый детектор состоит из диода $Д_3$ и конденсатора C_1. Выход пикового детектора нагружен на высокоомный делитель напряжения R_3, R_4, подключенный к регулирующему элементу. Регулирующий элемент — это двухкаскадный усилитель постоянного тока, выходной транзистор которого T_3 включен последовательно с электродвигателем.

Рис. 21. Индукционный датчик электродвигателя типа ДП1-26ЦР.

В разрабатываемом магнитофоне был использован индукционный датчик с одним вращающимся магнитом. Доработке был подвергнут двигатель типа ДП1-26ЦР (рис. 21). Для этого были сняты щетки центробежного регулятора. Контакты центробежного регулятора *1* были заменены маленьким постоянным магнитом *2*. В лунке статора, где ранее укреплялись щетки, размещена катушка датчика *3*. Катушка состоит из 300 витков провода ПЭВ-1 0,07, намотанных на сердечнике из трех пермаллоевых пластин *4*.

Стабилизатор испытывают и окончательно настраивают в составе лентопротяжного механизма.

ЛЕНТОПРОТЯЖНЫЙ МЕХАНИЗМ

При разработке магнитофона ставилась задача максимального упрощения конструкции лентопротяжного механизма (ЛПМ). Так как основные характеристики магнитофона определяются ЛПМ, то к нему должны быть предъявлены весьма жесткие требования.

Основные технические требования, предъявляемые к ЛПМ, следующие:

Скорость движения магнитной ленты	9,53 и 4,76 *см/сек*
Катушки	№ 15
Питающее напряжение	10÷20 *в*
Диапазон рабочих температур	—10 ÷ +40°С
Потребляемый ток в режиме рабочего хода	⩽ 150 *ма*
Рабочий ход	Двусторонний с применением двух комплектов магнитных головок
Отклонение скорости от номинального значения	±0,5 %
Суммарная механическая детонация	⩽0,1%

Натяжение магнитной ленты во всех режимах работы	Не должно превышать 100 *г*
Время ускоренной перемотки	≤3 *мин*
Время запуска ЛПМ	≤2 *сек*
Время пуска в диктовальном режиме	≤0,1 *сек*
Рабочее положение	Любое
Габаритные размеры	Не более 400×300×100 *мм*
Наличие дистанционного управления	

В разрабатываемой конструкции магнитофона была принята кинематическая схема лентопротяжного механизма с тремя электродвигателями и симметричным расположением всех элементов относительно ведущего узла. При выборе типа электродвигателей принимались во внимание простота электрического управления, к.п.д., механические характеристики, габариты, вес. Вариант с применением электродвигателей переменного тока не был принят из-за низкого к. п. д. и высокой стоимости преобразователя постоянного напряжения. Из электродвигателей постоянного тока предпочтение следовало бы отдать бесконтактным электродвигателям постоянного тока. Однако в распоряжении у авторов были электродвигатели постоянного тока типа ДПI-26ЦР со следующими основными характеристиками:

Напряжение питания	27 *в*
Потребляемый ток	250 *ма*
Ток холостого хода	100 *ма*
Ток короткого замыкания	600 *ма*
Скорость вращения с центробежным регулятором	8 000 *об/мин*
Вращающий момент	20 *г·см*
Момент короткого замыкания	50 *г·см*
Срок службы	100 *ч.*
Вес	0,055 *кг*

Проведенные предварительные испытания электродвигателя со снятыми щетками центробежного регулятора показали, что его скорость при постоянной нагрузке на валу пропорциональна приложенному напряжению, на холостом ходу она достигает 6 000 *об/мин* при напряжении питания 10 *в*. Для дальнейших расчетов принималась скорость вращения ведущего электродвигателя под нагрузкой при напряжении питания 10 *в* равной 4 700 *об/мин*. С целью уменьшения силы трения коллекторных щеток были несколько ослаблены плоские пружины путем уменьшения их ширины.

Лентопротяжный механизм по выбранной кинематической схеме состоит из трех основных узлов: ведущего и двух приемно-подающих. Каждый узел целесообразно разместить на отдельной плате, что позволит обеспечить необходимую жесткость конструкции, упростить монтаж и настройку и уменьшить механические вибрации электродвигателей относительно магнитных головок.

Ведущий узел. Наиболее ответственной частью лентопротяжного механизма магнитофона является ведущий узел. Он должен объединять в одной конструкции передачу вращения ведущий электродвигатель — ведущий вал, блок головок и механизм прижима ленты. Макет ведущего узла содержал все перечисленные составные части. Блок головок подвергался проработке только в части крепления, юстировки и взаимного расположения направляющих стоек и магнитных головок.

При разработке механической передачи вращения ведущий электродвигатель — ведущий вал была сделана попытка разместить маховик на валу электродвигателя и затем с большой точностью понизить скорость вращения до необходимого уровня. Это позволило

бы сократить габариты и уменьшить вес системы передачи вращения. С помощью рассмотренного стабилизатора скорость вращения электродвигателя поддерживается равномерной с точностью до 0,1%. Применение даже небольшого маховика при числе оборотов электродвигателя 4 000—5 000 *об/мин* может дать значительный эффект сглаживания мгновенной нестабильности вращения вала электродвигателя. Для выяснения возможности понижения скорости вращения была применена червячная пара, выполненная с высокой точностью. На

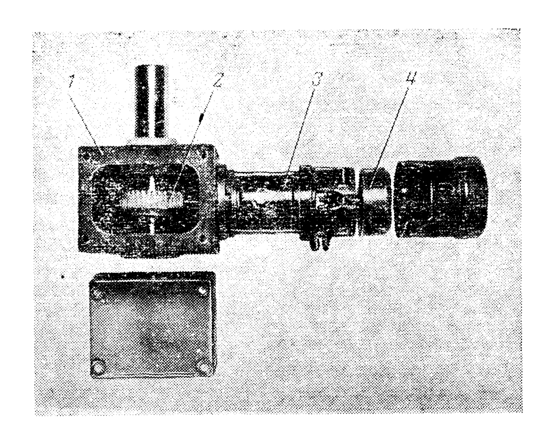


Рис. 22. Конструкция ведущего узла с червячной передачей.

рис. 22 показана конструкция ведущего узла с червячной передачей. Капроновое червячное колесо *2* в паре со стальным червяком обеспечивает бесшумность работы и плавность хода без применения смазочных материалов. Червяк был выполнен из высококачественной стали, после термообработки шлифовался и полировался. Червячная пара помещалась в корпус *1*, выполненный из текстолита. На этом же корпусе устанавливался электродвигатель *3* типа ДП1-26ЦР. Маховик *4* крепился на оси электродвигателя вместо центробежного регулятора.

При измерении детонации сквозного тракта запись — воспроизведение обнаружилось периодическое изменение скорости с частотой вращения ведущего электродвигателя. Анализ полученного явления выявил недостатки примененной системы передачи вращения. Основной причиной явилась жесткая связь вала ведущего электродвигателя с ведущим валом. Хотя червячная пара передавала вращение с заданной точностью, толчки и вибрация корпуса и вала ведущего электродвигателя полностью передавались ведущему валу. Создавалось вибрирование ведущего вала относительно блока магнитных головок. Бороться с этим явлением можно было двумя способами: путем увеличения жесткости всей конструкции или применением хорошо отбалансированного бесконтактного электродвигателя постоянного тока.

В связи с этим в разрабатываемой конструкции было принято размещение маховика на ведущем валу. Выбор соотношения диаметров маховика, ведущего вала и шкивов связан с противоречивыми требованиями: обеспечение заданного коэффициента передачи с одной стороны, и большого кинетического момента при малом весе с другой. Известно, что фильтрующие качества маховика определяются моментом количества движения (кинетическим моментом)

$$L = I\omega,$$

который зависит от момента инерции ($I = mR^2$) и от угловой скорости его вращения ω. Рабочий диаметр ведущего вала выбирают из условия обеспечения необходимой жесткости вала и малого проскальзывания магнитной ленты. Наименьший диаметр ведущего вала находится в пределах 3—4 *мм*. Технологически легче изготовить с малым осевым биением вал большего диаметра. Однако увеличение диаметра ведущего вала связано с уменьшением скорости вращения маховика, что ухудшает его стабилизирующие свойства. В рассматриваемой конструкции диаметр ведущего вала выбран равным 4 *мм*. Тогда скорость его вращения для скорости движения магнитной ленты 9,53 *см/сек* окажется равной:

$$n_2 = \frac{60v}{\pi (d + t)} = 455 \text{ об/мин},$$

где d — диаметр ведущей оси, *мм;*
v — скорость движения ленты, *мм/сек;*
n_2 — число оборотов ведущего вала, *об/мин;*
t — толщина ленты, *мм*.

Передаточное отношение равно:

$$i = \frac{n_1}{n_2} = 10{,}3,$$

где $n_1 = 4\,700$ *об/мин* — скорость вращения электродвигателя.

Минимальный рабочий диаметр малого шкива, установленного на валу ведущего электродвигателя, зависит от типа зацепления. Для лучшей механической развязки ведущего электродвигателя и ведущего вала выбирают ременную передачу. Для круглого резинового пассика диаметром 3 *мм* радиус средней линии малого шкива не должен быть меньше 5 *мм*. Принимаем $D = 2R = 11$ *мм*. Тогда диаметр большого шкива оказывается равным:

$$D_2 = D_1 i = 112 \text{ мм}.$$

Для лучшей фильтрации рекомендуется делать ведущий диаметр зацепления меньше стабилизирующего [Л. 5].

В процессе макетирования выявилась необходимость экранирования ведущего электродвигателя. Измерение коэффициента детонации подтвердило соответствие полученных результатов заданным требованиям. В состав ведущего узла входит механизм прижима ленты, который должен:

отводить прижимный ролик и лентоприжимы в режимах «стоп», «кратковременный стоп», прямой и обратной перемотки;

вводить прижимный ролик в контакт с ведущим валом и прижимать магнитную ленту к комплекту головок для одного из направлений движения магнитной ленты в режиме рабочего хода;

переключать прижим магнитной ленты к другому комплекту магнитных головок при изменении направления движения ленты в режиме рабочего хода.

Все эти манипуляции должны производиться электрическим путем при малом потреблении энергии от источников питания. Подробная проработка задачи показала необходимость применения механических фиксаторов для запоминания состояния прижимной системы в промежутках между действиями механических импульсов. Очевидно, что число запоминаемых положений должно быть равно количеству фиксированных состояний прижимной системы:

1) прижаты прижимный ролик и лентоприжимы левого полукомплекта головок;

2) прижаты прижимный ролик и лентоприжимы правого полукомплекса головок;

3) отжаты прижимный ролик и лентоприжимы обоих полукомплектов головок.

Три состояния системы могут быть обеспечены двумя двоичными переменными. В конкретном случае роль двоичных переменных выполняют состояния соленоидов. Два соленоида могут обеспечить четыре различных сочетания срабатывания: оба отжаты, прижат только левый, прижат только правый и оба прижаты. Три последних состояния соленоидов сопрягаются с тремя состояниями прижимной системы. Оставшееся положение соответствует обесточенным соленоидам, т. е. свободному состоянию соленоидов в промежутках между импульсами тока, когда их якори могут находиться в любом положении. Если учесть стандартное расположение магнитных головок для катушечных магнитофонов и представить прижимную систему в виде подвижной планки, то для соленоидов удобно отвести место с обратной стороны планки. Для большей надежности срабатывания фиксаторы были вынесены на концы планки, а центральный упор снабжен пружинным амортизатором. Отдельная пружина обеспечивает движение планки к головкам и прижим прижимного ролика. Рабочий профиль фиксатора выбирался из условия удерживания планки под действием пружины прижима.

Принцип действия узла прижима ленты схематически показан на рис. 23. В исходном состоянии (рис. 23, *а*) планка *3* удерживается фиксаторами *1* и западающими подшипниками *7*, которые вдавливаются в фиксаторы пружинами *6*. Давление по центру планки осуществляет пружина *10*; она определяет силу прижима прижимного ролика *5* к ведущему валу *4* во время рабочего хода. С противоположной стороны пружина *10* упирается в упор *12*.

В исходном состоянии лентоприжимы *2* и прижимный ролик *5* отстоят от головок и ведущего вала на расстоянии, необходимом для заправки и перемотки ленты (2—3 *мм*). Якори *8* соленоидов *9* в исходном состоянии несколько выдвинуты относительно статоров (1—1,5 *мм*). При подаче импульса на один из соленоидов происходит сброс противоположного конца планки *3*. Это происходит следующим образом. Якорь, втягиваясь, перемещает планку относительно упорного винта *11*, что приводит к выбросу противоположного упорного подшипника *7* из упора фиксатора *1* (рис. 23, *б*). При этом тот же край планки под воздействием пружины *10* движется к головкам до соприкосновения лентоприжимов с головками. В этот момент прижимный ролик *5* прижат к ведущему валу *4*. Возврат в исходное состояние в режиме «стоп» происходит при одновременной подаче на оба соленоида импульсов тока. Якори соленоидов оттягивают план-

ку до положения, при котором подшипники 7 западают в фиксаторы 1 и перемещаются несколько далее точки фиксации. Для устранения ложного переброса планки упорный винт 11 оттягивается назад на время действия импульса. Этот винт удерживается в исходном состоянии пружиной 13 и гайкой 14. После окончания действия импуль-

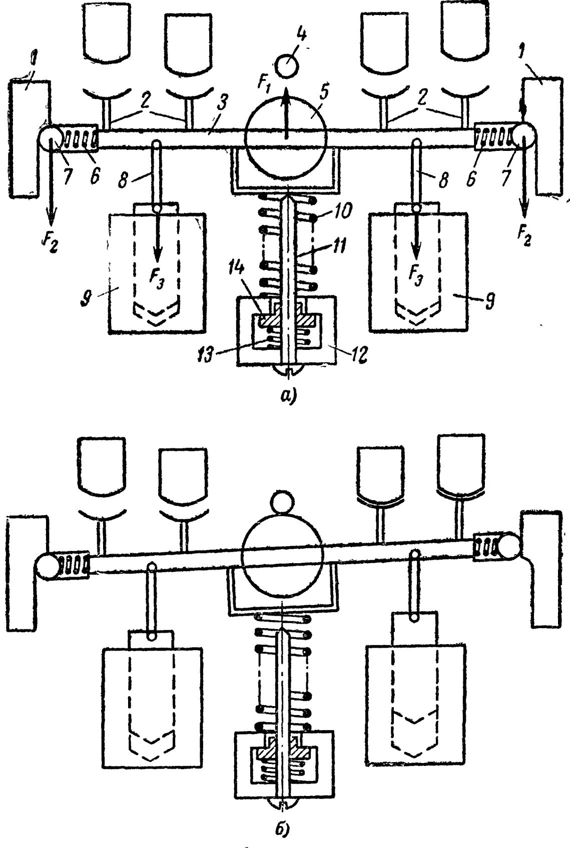


Рис. 23. Кинематическая схема узла прижима ленты.

са на оба соленоида планка под действием пружины 10 занимает исходное положение.

Для расчета действующих сил в системе прижима ленты определяли необходимую силу прижима прижимного ролика к ведущему валу, исходя из натяжения ленты, соотношения диаметров ведущего вала и прижимного ролика и линейной скорости движения ленты. Расчет производился на минимально возможное значение силы прижима $F_1=0{,}5 \cdot 9{,}8 н$. Эту силу обеспечивает пружина 10. Далее определялась сила распорных пружин 6. Боковые фиксаторы должны

удерживать планку при воздействии пружины *10*. Силы реакции фиксаторов *1* раскладываются на нормальные и тангенциальные составляющие, из которых последние совместно компенсируют силу пружины *10*. Для фиксатора, примененного в данной конструкции, распорная пружина должна обеспечить силу $F_2=(0,7\div1)\cdot9,8н$. Силу тяги соленоидов F_3 определяли, исходя из действия известных сил и соотношения плеч рычага относительно упорного винта *11*. Для исходного состояния она равна $F_3=2\cdot9,8н$. Пружина упора *13* должна сжиматься при суммарном воздействии сил соленоидов $F_4=4\cdot9,8н$.

Конструкция лентоприжима предусматривает элементы подстройки действующих сил. Прижимный ролик укрепляется в обойме, которая с помощью двух пружин позволяет ему самоустанавливаться относительно ведущего вала. Испытание механизма прижимного ролика на макете и дальнейшая многолетняя эксплуатация в действующей конструкции показали полную надежность разработанного механизма.

Приемный и подающий узлы предназначены для подмотки, торможения, прямой и обратной перемоток магнитной ленты. Узлы выполняются на электродвигателях тила ДП1-26ЦР и имеют одинаковую конструкцию. При разработке много внимания уделялось уменьшению дестабилизирующего влияния на прохождение магнитной ленты в режиме рабочего хода.

Были промакетированы три варианта конструктивного выполнения этих узлов. Вариант с непосредственной посадкой подкатушечника на ось электродвигателя не испытывался, так как применяемые электродвигатели не имеют достаточного пускового момента для перемотки ленты. Испытываемые варианты содержали передачу вращения с коэффициентами передачи 1 : 10; 1 : 5 и 1 : 3. Первый вариант (1 : 10) содержал зубчатую передачу. Режимы перемотки и подмотки ленты выполнялись весьма эффективно при малом потреблении энергии. Однако подтормаживание ленты осуществлялось нестабильно независимо от приложенного к электродвигателю тормозящего или растормаживающего напряжения. Причиной неудачи явилось применение зубчатого зацепления. Попытка создать конструкцию с выводом из зацепления в режиме рабочего хода двигателя подающего узла окончилась также неудачей. Причиной этого явилась сложность кинематической схемы и трудность электрического управления. Кроме того, примененная система торможения свободно вращающегося подкатушечника с помощью ленивца не обеспечивала желаемой плавности хода ленты.

Два других варианта (1 : 5 и 1 : 3) выполнялись с ременной передачей вращения и постоянным зацеплением. Испытания лентопротяжного механизма на детонацию с применением ременной передачи определили еще один источник нестабильности движения ленты. Этим источником оказались контактные щетки коллектора электродвигателя. Здесь столкнулись противоречивые требования обеспечения необходимого пускового момента перемотки и минимального влияния электродвигателя на стабильность рабочего хода ленты. В результате испытаний принято компромиссное решение — коэффицент передачи 1 : 4. Более удачным решением следует считать применение более мощного бесколлекторного электродвигателя.

Исследовался также режим торможения ленты при включении «Стоп» в конце перемотки. При этом должно обеспечиваться плавное торможение без образования петель, причем натяжение магнитной ленты не должно превышать 100 *г*. Было рассмотрено несколько ва-

риантов электрического торможения, в том числе торможение постоянным напряжением, подключаемым через реле времени, торможение, использующее демпфирование подающего электродвигателя путем замыкания его обмотки, и торможение, использующее э.д.с. электродвигателей, вращающихся по инерции. Первый вариант оказался мало надежным, а второй недостаточно эффективным. Третий вариант реализовывался соединением электродвигателей между собой таким

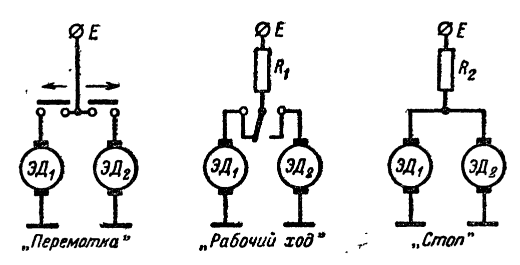


Рис. 24. Схемы включения боковых электродвигателей в режимах работы «перемотка», «рабочий ход», «стоп».

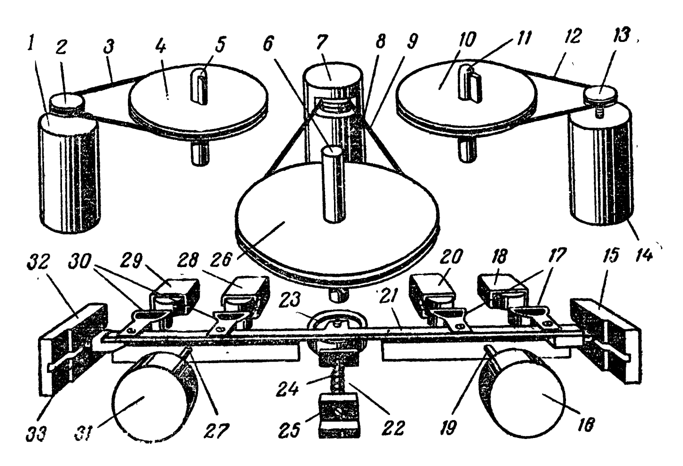


Рис. 25. Кинематическая схема лентопротяжного механизма.

образом, чтобы э.д.с. одного двигателя оказывалась встречной для другого. Испытание торможения при различных соотношениях диаметров рулонов магнитной ленты показало недостаточную эффективность этого варианта на малых оборотах. Поэтому была добавлена цепь подпитки электродвигателей в режиме торможения. Торможение при различных соотношениях диаметров рулонов ленты в обоих направлениях перемотки осуществлялось четко, без дерганья и образования петель. Окончательная схема включения электродвигателей

приемного и подающего узлов в различных режимах работы приведена на рис. 24.

Полная кинематическая схема лентопротяжного механизма изображена на рис. 25, на котором введены следующие обозначения: *1, 14* — электродвигатели подмотки и перемотки; *2, 13* — шкивы электродвигателей подмотки и перемотки; *3, 12* — резиновые пассики; *4, 10* — шкивы приемно-подающих узлов; *5, 11* — оси приемно-подающих узлов; *6* — ведущий вал; *7, 8* — ведущий электродвигатель в магнитном экране; *9* — пассик ведущего узла; *15, 32* — фиксаторы; *16, 31* — соленоиды; *17, 30* — лентоприжимы; *18, 29* — стирающие головки; *19, 27* — тяги соленоидов; *20, 28* — универсальные головки; *21* — планка узла прижима ленты; *22* — пружина; *23* — прижимный ролик; *24* — упорный винт; *25* — упор; *26* — маховик ведущего узла; *33* — западающий подшипник фиксатора.

МЕТОДИКА ПРОВЕРКИ СТАБИЛЬНОСТИ ДВИЖЕНИЯ МАГНИТНОЙ ЛЕНТЫ

Одним из основных показателей оценки качества магнитофона является неравномерность движения магнитной ленты. В любительских условиях измерение этого параметра связано с определенными трудностями. Основная из них — отсутствие соответствующей аппаратуры. Поэтому для испытания и настройки узлов лентопротяжно-

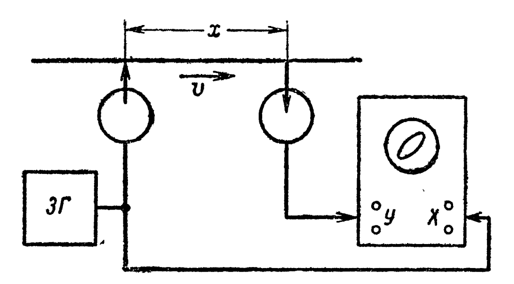


Рис. 26. Блок-схема установки для измерения коэффициента детонации.

го механизма требовалось разработать простой способ измерения нестабильности движения ленты. Известен способ определения средней скорости ленты методом измерения сдвига фаз [Л. 3]. Он заключается в том, что на вход горизонтального отклонения осциллографа подается сигнал, который одновременно записывается на ленту, а с выхода усилителя воспроизведения сигнал подается на вход усилителя вертикального отклонения осциллографа (рис. 26). На экране осциллографа наблюдают фигуру Лиссажу, по которой можно вычислить фазовый сдвиг двух сигналов. По углу сдвига фаз с учетом расстояния между записывающей и воспроизводящей головками определяют скорость движения ленты. Использование этого метода по своему прямому назначению не представляет значительного интереса. Однако если повышать частоту записываемого сигнала, то на экране осциллографа будет наблюдаться изменение этого фазового сдви-

га. Поскольку применение данного метода ранее не использовалось для измерения коэффициента детонации, авторы сочли необходимым привести вывод формулы количественной оценки нестабильности движения ленты. Записывающая головка записывает на магнитной ленте сигнал частотой ω, распространяющийся со скоростью движения звуконосителя v. Уравнение продольной волны для одного измерения примет вид:

$$\varphi = A \sin(\omega t + \alpha_0 \pm kx),$$

где α_0 — начальная фаза сигнала;
kx — фаза набегания.

Сигнал непосредственно у записывающей головки ($x=0$) можно записать в виде

$$\varphi_{зап} = A \sin(\omega t + \alpha_0)$$

и принять за исходный. Фазу набегания для рассматриваемого случая можно выразить через скорость распространения и частоту:

$$kx = \frac{\omega}{v} x.$$

Тогда уравнение сигнала вблизи воспроизводящей головки ($x \neq 0$) при непостоянной скорости распространения будет иметь вид:

$$\varphi_{воспр} = A e^{-\lambda x} \sin\left(\omega t + \alpha_0 + \frac{\omega x}{v \pm \Delta v}\right),$$

где $e^{-\lambda x}$ — коэффициент, характеризующий изменение амплитуды A;
Δv — амплитуда отклонения скорости.

Разность фаз этих двух сигналов можно выразить следующим образом:

$$\alpha = \frac{\omega x}{v \pm \Delta v}.$$

Для удобства отсчета изменения фазы на экране осциллографа удобно принять угол $\alpha = \pi$, т. е. изменению скорости на $2\Delta v$ соответствует изменение фазового сдвига на π:

$$\frac{\omega x}{v - \Delta v} - \frac{\omega x}{v + \Delta v} = \pi$$

или

$$2\pi f x \left(\frac{x + \Delta v - v + \Delta v}{v^2 - \Delta v^2}\right) = \pi.$$

Пренебрегая Δv^2 — величиной малости второго порядка, получаем:

$$\frac{\Delta v}{v} = \frac{v}{4fx}.$$

Полученное выражение справедливо для случая движения ленты относительно записывающей головки со скоростью v и относительно воспроизводящей — со скоростью $v \pm \Delta v$. Полагая, что магнитная лента движется относительно записывающей головки с той же не-

равномерностью Δv, и сделав замену $K_д = \frac{\Delta v}{v} \cdot 100\%$, получим окончательное соотношение для коэффициента детонации:

$$K_д = \frac{v}{2fx} \cdot 100\%,$$

где $K_д$ — коэффициент детонации, %;
v — скорость движения звуконосителя, *см/сек*;
x — расстояние между щелями головок, *см*;
f — частота сигнала записи, при которой угол изменения фазы достигает 180°, *гц*.

По этой формуле рассчитывался коэффициент детонации магнитофона в процессе испытаний и окончательной настройки. Методика

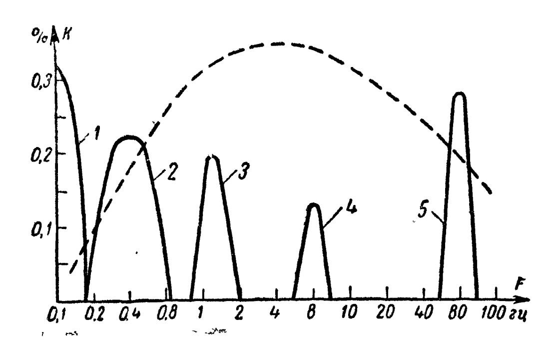


Рис. 27. Частотный спектр детонации лентопротяжного механизма.

измерения сводится к следующему. На вход тракта записи подается синусоидальное напряжение от звукового генератора. Это же напряжение подают на вход одного канала отклонения осциллографа. Усиленное напряжение воспроизводящей головки подключается к другому каналу отклонения осциллографа. На экране наблюдается фигура Лиссажу. С повышением частоты генератора фигура начинает колебаться относительно начального положения. Частоту увеличивают до тех пор, пока колебание фазы не достигнет угла 180°. Практически подбирается такая частота, когда крайние значения фигуры Лиссажу принимают вид взаимно перпендикулярных прямых линий.

Скорость изменения фазы фигуры пропорциональна производной скорости движения ленты по времени, т. е. пропорциональна ускорению движения ленты. Это свойство предложенного метода удобно использовать для поиска источника детонации. Как правило, детонация носит периодический характер, так как является следствием эксцентриситета или неравномерности вращения какого-либо вращающегося элемента. Период вращения каждого элемента лентопротяжного механизма известен и может визуально наблюдаться. Сопоставив скорость изменения фазы сигнала на экране осциллографа со скоростью вращения элементов лентопротяжного механизма, можно оп-

ределить тот элемент, который вносит детонацию. На рис. 27 показан примерный вид частотного спектра детонации лентопротяжного механизма. Области *1*, *2*, *3*, *4* и *5* вызваны соответственно прижимом магнитной ленты к головкам с помощью лентоприжимов, влиянием боковых узлов, лентоприжимного ролика, неравномерностью вращения ведущего вала и шкива электродвигателя. Для сравнения пунктиром проведена кривая субъективного восприятия детонации. По ней можно судить о важности устранения той или иной компоненты детонации. С целью облегчения определения элемента, вносящего детонацию, удобно по возможности исключать из тракта движения ленты максимально возможное количество элементов. Так, например, для определения доли нестабильности ведущего узла при проверке были исключены приемно-подающие узлы.

КОММУТАЦИЯ

Требование обеспечения дистанционного управления всеми режимами магнитофона выполняется прежде всего коммутационной частью. Обычно для этой цели применяют реле. Но реле при срабатывании постоянно потребляет энергию от источников питания, что неприемлемо для конструкции с автономным питанием. Попытка применить для коммутационных целей диодные и транзисторные коммутаторы не дала хороших результатов. Наиболее перспективным является применение поляризованных реле (дистанционных переключателей). Энергия потребляется ими только в момент срабатывания. В данной конструкции были применены дистанционные переключатели типа РПС-20 на напряжение 24 *в*. Макетирование элементов коммутации сводилось к разработкам схем удвоения напряжения, триггера в релейном исполнении и определению параметров исполнительных цепей.

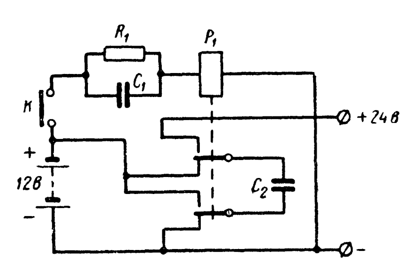


Рис. 28. Схема удвоения напряжения.

Принят импульсный метод управления всеми режимами магнитофона. Это значит, что любые электрические и механические переключения потребляют энергию от источников питанич только в момент действия управляющего импульса. В промежутках между импульсами команды запоминаются электромеханическими устройствами. Все управление магнитофоном осуществляется с помощью реле и соленоидов. Это позволяет исключить механические тяги и осуществить простую коммутацию входов и выходов предварительных усилителей.

Схема удвоения напряжения. Примененные в данной конструкции поляризованные реле требуют для своего срабатывания напряжение не ниже 18 *в*. Источник напряжения питания магнитофона 10—20 *в*. Поэтому была разработана схема удвоения напряжения на конденсаторе C_2, который заряжается до напряжения источника питания, а затем с помощью контактов реле P_1 включается в цепь питания обмоток последовательно с источником питания (рис. 28). Реле

P_1 рассчитано на напряжение срабатывания 10 *в*. Напряжение на него подается от источника питания с помощью коммутирующих контактов. Время срабатывания определяется емкостью конденсатора C_1 и сопротивлением обмотки реле P_1; резистор R_1 служит для разряда конденсатора C_1 в паузах между командами. Время восстановления схемы в промежутках между срабатываниями принято равным 1 *сек*. За это время должен разрядиться конденсатор C_1 через рези-

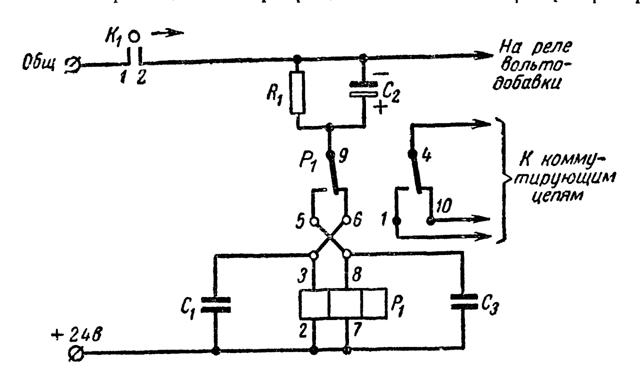


Рис. 29. Схема реле-триггера на поляризованном реле.

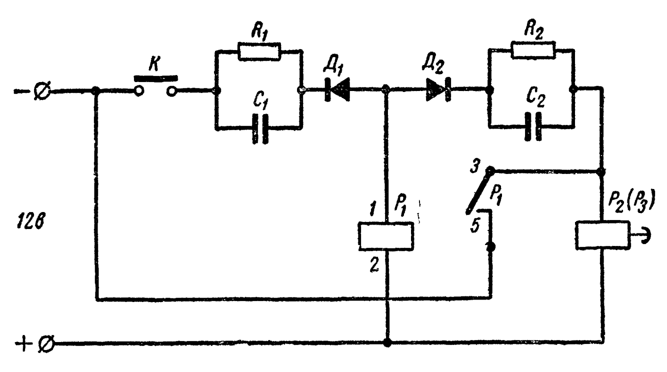


Рис. 30. Схема реле времени.

стор R_1. Емкость конденсатора C_2 рассчитывают из условия подключения к выходу схемы до 10 поляризованных реле, включенных параллельно, при этом напряжение их питания не должно уменьшаться ниже 30% за время 10 *мсек* (время срабатывания поляризованных реле). В промежутках между переключениями конденсатор C_2 подключается к источнику питания и выполняет функции емкости фильтра. Схема удвоения напряжения срабатывает каждый раз, когда подается любая команда. Поэтому на ее запуск должна поступать сумма всех команд. Простейшее суммирование команд без взаимного влияния решают путем разделения их диодами.

Реле-триггер служит для переключения комплектов головок и направления движения ленты в автоматическом режиме. Управляют им контакты автоматического переключения дорожек K_1, которые замыкаются металлизированной наклейкой на ракордной ленте. Принципиальная схема реле-триггера приведена на рис. 29. Принцип работы схемы заключается в том, что контакты поляризованного реле P_1 включены в цепь управления этого же реле. При замыкании контактов K_1 через левую (по схеме) обмотку реле P_1 течет ток заряда конденсатора C_2, который вызывает срабатывание реле. После этого напряжение на конденсаторе C_2 оказывается приложенным встречно питающему напряжению и через правую (по схеме) обмотку реле P_1 течет ток, недостаточный для его срабатывания. Резистор R_1 — разрядный. Конденсаторы C_1 и C_3 обеспечивают питание обмоток реле в момент пролета якоря между контактами реле.

Реле времени. Для надежного срабатывания системы управления ведущим узлом время работы его соленоидов определяется инерционностью механизма прижимного ролика и должно быть равно 0,1 *сек*. Увеличение этого времени приводит к значительному увеличению потребления энергии от источников питания. Время работы соленоидов управления механизмом прижимного ролика определяется реле времени. Принципиальная схема реле времени изображена на рис. 30.

При нажатии кнопки K реле P_1 срабатывает от тока заряда конденсатора C_1 через диод $Д_1$ и своими контактами подключает источник питания к обмотке соленоида P_2 (P_3). Обмотка реле P_1 при этом питается током заряда конденсатора C_2 через диод $Д_2$. Время, за которое ток заряда конденсатора уменьшится до тока отпускания реле P_1, определяет время замыкания его контактов, а следовательно, и время работы соленоидов. Резисторы R_1 и R_2 — разрядные.

ГЛАВА ТРЕТЬЯ
КОНСТРУИРОВАНИЕ

ПЛАНИРОВАНИЕ РАБОТ

При конструировании магнитофона важно представить себе необходимый объем предстоящих работ. От правильного представления объема работ, их очередности и сроков завершения этапов зависит во многом удачное завершение разработки.

Рабочий график конструирования описываемого магнитофона приведен на рис. 31.

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА

На основании предъявляемых к данной конструкции требований магнитофон должен обеспечивать следующие режимы работы:

1. Двухканальную запись электрических сигналов.
2. Двухканальное воспроизведение записанных сигналов.
3 Ускоренные перемотки в обе стороны магнитной ленты

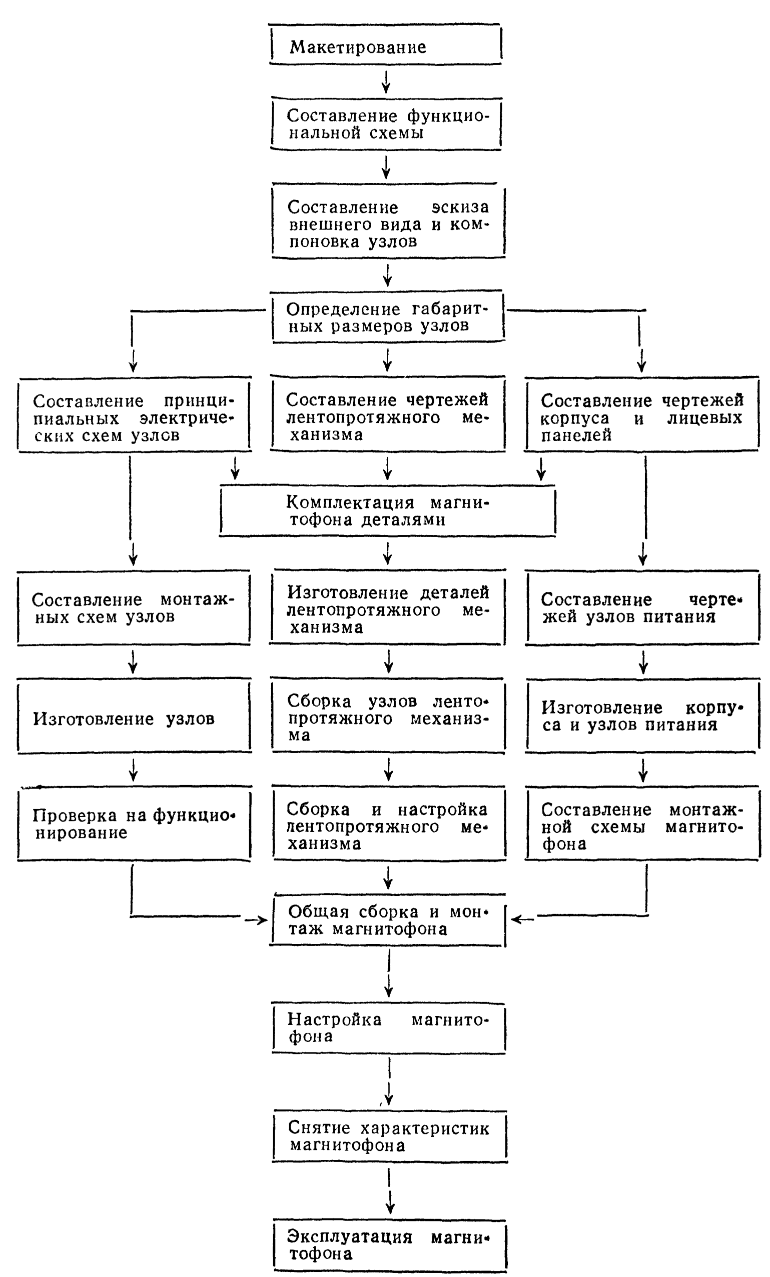


Рис. 31. Рабочий график конструирования магнитофона.

4. Плавное торможение магнитной ленты.
5. Экстренное торможение магнитной ленты.
6. Дистанционное управление.
7. Автоматический реверс направления движения магнитной ленты.
8. Две скорости движения магнитной ленты.
9. Запись и воспроизведение сигналов должны производиться в режимах «моно» и «стерео».

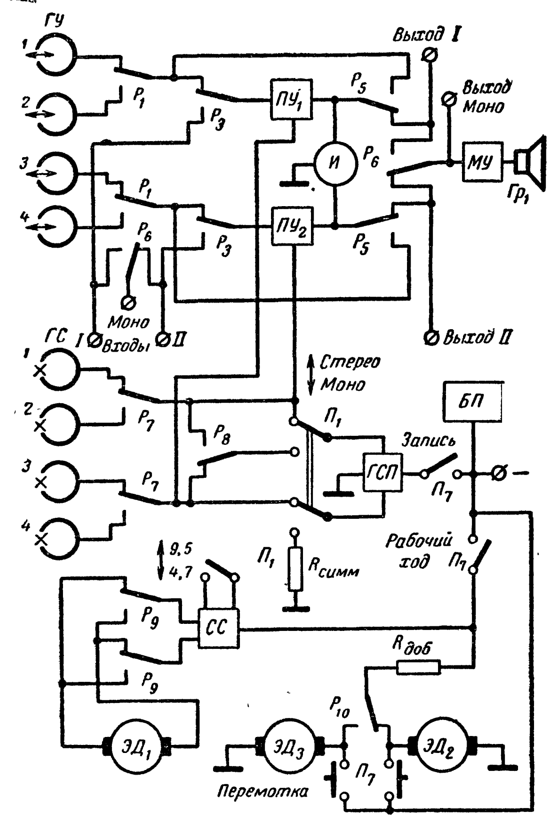


Рис. 32. Функциональная схема магнитофона.

10. Система записи — четырехдорожечная.

В соответствии с этими требованиями составляем функциональную схему (рис. 32). Для обеспечения четырехдорожечной записи в магнитофоне используют четыре головки для левого направления движения магнитной ленты и четыре для правого. Взаимное расположение магнитных головок в плоскости магнитной ленты показано на рис. 33.

В каждом канале применяются две стирающие и две универсальные магнитные головки. Соответственно номеру дорожки при-

своены номера стирающим и универсальным головкам. Первую дорожку обслуживают головки $ГС_1$ и $ГУ_1$, вторую — $ГС_2$ и $ГУ_2$, третью — $ГС_3$ и $ГУ_3$ и четвертую — $ГС_4$ и $ГУ_4$. Направление движения ленты при записи и воспроизведении 1-й и 3-й дорожек — правое, а при записи и воспроизведении 2-й и 4-й дорожек — левое.

В режиме «моно» должна проводиться запись (воспроизведение) на любую (с любой) из дорожек, а по окончании ее данный вид работы должен быть продолжен автоматически на следующей по номеру дорожке. В режиме «стерео» левый канал источника электри-

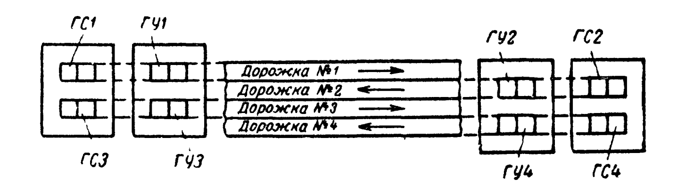


Рис. 33. Расположение магнитных головок относительно магнитной ленты.

ческого сигнала записывается на 1-й дорожке при движении магнитной ленты вправо и на 2-й дорожке при движении ленты влево. Правый канал источника записывается соответственно направлению движения на 3-й и 4-й дорожках.

В данной конструкции применены универсальные усилители в каждом канале и один мощный усилитель (МУ), стоящий после цепей коммутации на выходе предварительных усилителей. Такое построение является рациональным, так как размеры магнитофона не обеспечивают необходимого базового расстояния между акустическими системами.

Функциональная схема была построена таким образом, что переход с режима «моно» на режим «стерео» при воспроизведении записи не влечет за собой никаких переключений. Каждая универсальная головка выбранного направления движения ленты подключается к своему канальному предварительному усилителю ($ПУ_1$ — предварительный усилитель левого канала, $ПУ_2$ — предварительный усилитель правого канала). С изменением направления движения к усилителям подключается другая пара головок.

Всю коммутацию, осуществляемую поляризованными реле, можно разбить на три части:

1. Коммутация, связанная с изменением направления движения магнитной ленты, эту функцию осуществляет группа реле P_1, P_7, P_9, P_{10}.

2. Коммутация, необходимая при переключении с «записи» на «воспроизведение», эту операцию осуществляет группа реле P_2, P_3, P_4 и P_5.

3. Коммутация, которая осуществляется только в режиме «моно» с целью переключения с верхнего ($ГС_1$, $ГУ_1$ или $ГС_2$, $ГУ_2$) на нижний ($ГС_3$, $ГУ_3$ или $ГС_4$, $ГУ_4$) полукомплекты головок и обратно, эту функцию выполняют реле P_6 и P_8.

Необходимость последней коммутации заключается в следующем.

Поскольку к каждому предварительному усилителю подключаются головки разного направления движения магнитной ленты (например, к $ПУ_1$ — головки $ГУ_1$ и $ГУ_2$), то «прочертив» две первые дорожки с $ПУ_1$, необходимо при переходе на вторую пару дорожек (3-ю и 4-ю) переключить предварительные усилители. Такая коммутация осуществляется с помощью триггерной схемы памяти. Триггер работает в режиме счетного входа, на который подаются импульсы от боковой контактной колонки $К_1$. Замыкание контактов этой колонки металлизированной наклейкой на ракорде при движении ленты справа налево приводит к срабатыванию триггера. Одновременно с переключением головок осуществляется и реверс лентопротяжного механизма. Следующее срабатывание произойдет только после прохождения ленты до конца в обе стороны.

Переключение универсальных головок на входе предварительных усилителей с изменением направления движения ленты осуществляется контактами реле $Р_1$. Аналогичное переключение, но уже стирающих головок, осуществляется контактами реле $Р_7$.

Осуществление реверса ведущего электродвигателя $ЭД_1$ производится контактами реле $Р_9$ путем изменения полярности питающего напряжения.

Выходной мощный усилитель (МУ) в режиме «моно» контактами реле $Р_6$ может быть подключен к любому предварительному усилителю в зависимости от выбранного полукомплекта головок. В режиме «стерео» съем сигнала на внешней усилитель левого канала производится с гнезда *«Выход I»*, а сигнала для усилителя правого канала — с гнезда *«Выход II»*. Контрольный усилитель может быть подключен в этом режиме к любому из каналов с помощью контактов реле $Р_6$. Съем сигнала на внешний усилитель в режиме «моно» можно сделать с гнезда «Выход моно», которое стоит непосредственно на входе МУ.

Другая группа контактов реле $Р_6$ подключает *«Вход моно»* в режиме записи на входы предварительных усилителей $ПУ_1$ или $ПУ_2$. Выполняющее аналогичную функцию реле $Р_8$ подключает один из выходов генератора стирания и подмагничивания *ГСП* в режиме «моно» на разные полукомплекты стирающих головок.

Второй выход *ГСП* в этом режиме нагружается на симметрирующий резистор $R_{симм}$ для улучшения формы высокочастотного напряжения генератора и стабилизации амплитуды.

В режиме «стерео» оба выхода *ГСП* через переключатель $П_1$ подключены к одной из пар стирающих головок.

Переключение рода работ осуществляется кнопочным переключателем $П_7$. Однако переход предварительных усилителей с записи на воспроизведение осуществляется непосредственно контактами реле $Р_2$, $Р_3$, $Р_4$, $Р_5$. Из них $Р_3$ и $Р_5$ переключают внешние цепи усилителей, остальные реле коммутируют внутренние цепи и на функциональной схеме не показаны.

К выходам усилителей подключен индикатор уровня сигнала *И*. Этот же индикатор используется для указания номера дорожки и измерения напряжения источников питания.

Для стабилизации скорости вращения ведущего электродвигателя $ЭД_1$ используется электронный стабилизатор скорости *СС*. Последний применяется также и для переключения скоростей движения магнитной ленты. Переключение производится одной из групп переключателя $П_1$.

Ускоренная перемотка осуществляется подачей полного напряжения источника питания на один из боковых электродвигателей $ЭД_2$ или $ЭД_3$ переключателем $П_7$. Натяжение ленты на участке приемная катушка — ведущий вал осуществляется одним из боковых двигателей путем подачи напряжения на него через добавочный резистор $R_{доб}$. При остановке лентопротяжного механизма (режим «стоп»), независимо от того осуществлялся ли до этого «рабочий ход» или «перемотка», производится плавное торможение магнитной ленты. Оно проводится путем параллельного включения обмоток боковых двигателей и подачи на них небольшого напряжения. Эту коммутацию осуществляет переключатель $П_7$.

Экстренное торможение магнитной ленты проводится путем быстрого отвода прижимного ролика от ведущего вала. В этом режиме магнитофон остается полностью включенным, что позволяет исключить время разгона ведущего электродвигателя при повторном включении рабочего хода. Это особенно важно при использовании магнитофона в качестве дикгофона. Отвод прижимного ролика от ведущего вала осуществляется двумя соленоидами, на которые подается импульсное напряжение.

Применение электронного управления магнитофоном позволило осуществить дистанционное управление, при котором имеется возможность почти все режимы работы магнитофона проводить с выносных пультов.

Автоматический реверс осуществляется с помощью металлизированной наклейки на ленте и специальных контактных колонок. Расположение наклеек определяет момент реверса направления движения магнитной ленты. В данной конструкции применены две скорости движения магнитной ленты: 9,53 *см/сек* и 4,76 *см/сек*, переключение осуществляется переключателем $П_1$. В магнитофоне используется два варианта блока питания (*БП*) — сетевой и батарейный.

КОМПОНОВКА МАГНИТОФОНА

Исходя из заданных размеров магнитофона, было проработано несколько вариантов оформления. Среди них был распространенный вариант с расположением органов управления на торцевой части корпуса со стороны ручки для переноски. Однако при его рассмотрении выявились некоторые отрицательные стороны:

неудобство пользования органами управления в стационарном состоянии;

подверженность органов управления внешним механическим повреждениям из-за отсутствия достаточной механической защиты;

сложность компоновки магнитофона и низкая технологичность конструкции.

Учитывая это, был принят вариант компоновки органов управления на лицевой панели лентопротяжного механизма. Этот вариант позволяет объединить все узлы на одной панели, например, на несущей панели лентопротяжного механизма. Другим достоинством выбранного варианта является большая технологичность, выражающаяся в простоте изготовления, сборки и ремонта. При выборе формы корпуса магнитофона учитывалось: размещение блока питания; расположение громкоговорителя; размеры катушек ленты и блока головок; необходимость постановки отдельной панели с входными, выходными и коммутационными элементами (панель связи).

Блок питания удобно размещать вдоль одной из боковых стенок корпуса так, чтобы при вертикальном положении магнитофона была хорошая устойчивость, так как батарейный блок питания имеет достаточно большой вес.

Расположение громкоговорителя должно обеспечивать хорошее акустическое излучение при любых рабочих положениях магнитофона. В связи с этим он располагается на боковой стенке корпуса. А так

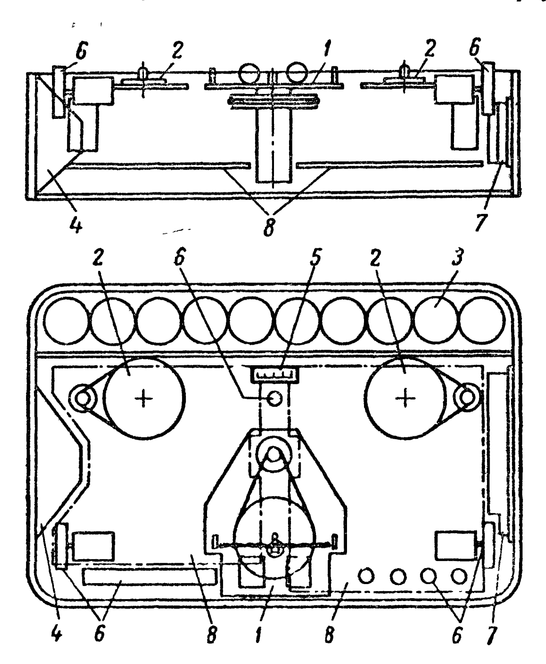


Рис. 34. Взаимное расположение узлов в корпусе магнитофона.

как по разработанным техническим требованиям высота корпуса не должна превышать 100 *мм*, был применен динамический громкоговоритель типа 1ГД-18. На второй боковой стенке корпуса расположена панель связи. На лицевой панели лентопротяжного механизма помимо катушек с лентой, индикатора и блока головок размещены органы управления:

1. Переключатель «моно-стерео».
2. Переключатель скорости движения ленты «9,5—4,7».
3. Переключатель управления режимами «запись, воспроизведение, перемотка, стоп».
4. Переключатель выбора дорожек.
5. Регулятор уровня.
6. Переключатель индикатора.

Блок головок размещают симметрично относительно оси панели лентопротяжного механизма. Катушки с лентой располагаются по обе стороны от блока головок.

Для придания законченности внешнего оформления лицевой панели магнитофона индикатор уровня располагается между катушками на осевой линии этой панели. Рядом с ним устанавливается переключатель индикации. На остальной части лицевой панели располагаются оставшиеся органы управления.

Внутри корпуса располагают платы с элементами электрического монтажа. Их размещение определяется расположением узлов лентопротяжного механизма, громкоговорителя и панели связи.

Для предотвращения паразитных связей и наводок усилители располагают в непосредственной близости от панели связи и головок, а для исключения влияния генератора стирания, стабилизатора скорости и цепей коммутации на усилители, последние собраны на отдельной плате, расположенной в противоположной части магнитофона. Для сохранения акустических свойств объема корпуса платы располагают параллельно акустической оси громкоговорителя.

Органы управления режимами магнитофона, скоростью движения и числом каналов располагают в непосредственной близости от коммутационной платы. Для удобства управления оставшиеся органы: выбор номера дорожки и регулятор уровня записи (воспроизведения) располагают симметрично в противоположной части панели.

Для упрощения изготовления, настройки и ремонта вся конструкция разделена на ряд функционально законченных узлов. Эскиз взаимного размещения узлов в корпусе магнитофона показан на рис. 34. На рисунке введены следующие обозначения: *1* — центральный узел, *2* — приемно-подающие узлы, *3* — батареи автономного источника питания, *4* — громкоговоритель, *5* — индикатор, *6* — органы управления, *7* — панель связи, *8* — монтажные платы.

Этот эскиз был положен в основу компоновочного чертежа, выполненного в увеличенном масштабе. Целью выполнения чертежа являлась проверка стыковки узлов и их взаимного расположения. В результате были составлены габаритные размеры всех узлов магнитофона.

ЭЛЕКТРОПИТАНИЕ

Предварительно проведенные эксперименты показали, что примененные в магнитофоне электродвигатели типа ДП1-26ЦР удовлетворительно работают при напряжении питания 10 — 12 *в*. Выбор напряжения питания 12 *в* позволил применить в качестве источников питания батарею (10 шт.) гальванических элементов типа 1,6 ФМЦ-У-3,2 («Марс»), отличающихся сравнительно большой емкостью и малым внутренним сопротивлением.

Кроме питания от сухих батарей или аккумуляторов, магнитофон может питаться от сети переменного тока напряжением 127 или 220 *в*. При этом кассета батарей заменяется кассетой выпрямителя.

Кроме этого в магнитофоне предусмотрено подключение внешнего источника питания (например, автомобильного аккумулятора) с номинальным напряжением 10—20 *в* с внутренним сопротивлением, не превышающим 1 *ом*.

Примененная в данной конструкции батарея гальванических элементов помещается в специальную кассету, внешний вид которой показан на рис. 35, а конструкция — на рис. 36.

Принципиальная схема выпрямителя приведена на рис. 37. Для улучшения качественных показателей магнитофона при работе от сети выпрямитель дает стабилизированное напряжение 15 *в*. При ко-

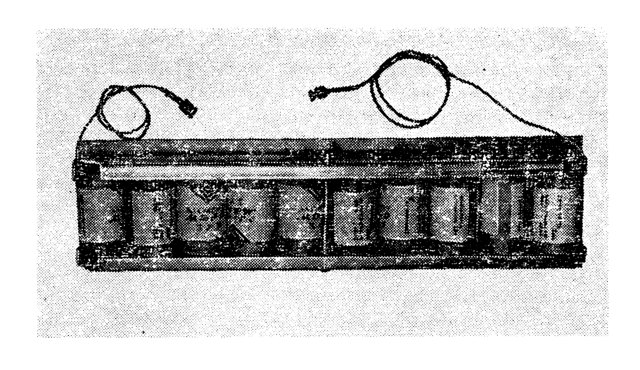


Рис. 35. Внешний вид кассеты батарей.

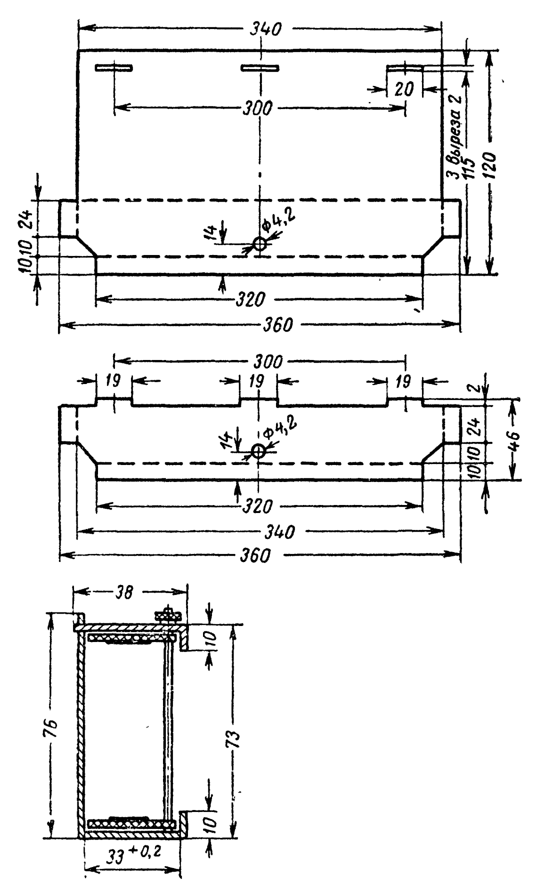


Рис. 36. Конструкция кассеты для размещения батарей.

лебаниях сетевого напряжения в пределах ±15% коэффициент стабилизации выпрямителя не хуже 15. Стабилизатор представляет собой эмиттерный повторитель, в котором опорное напряжение задается двумя кремниевыми стабилитронами $Д_5$, $Д_6$ (типа Д808). В качестве регулирующего элемента используется составной транзистор T_1—T_2

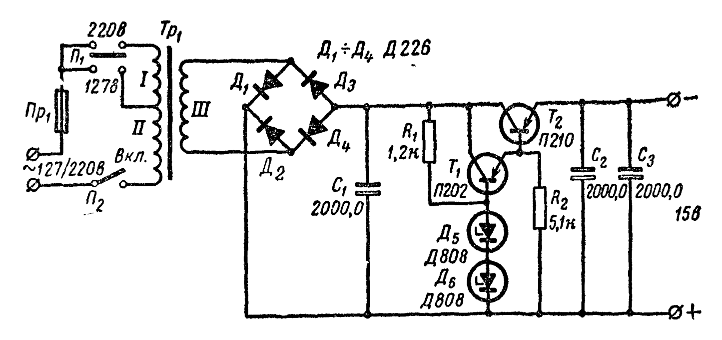


Рис. 37. Схема стабилизированного выпрямителя.

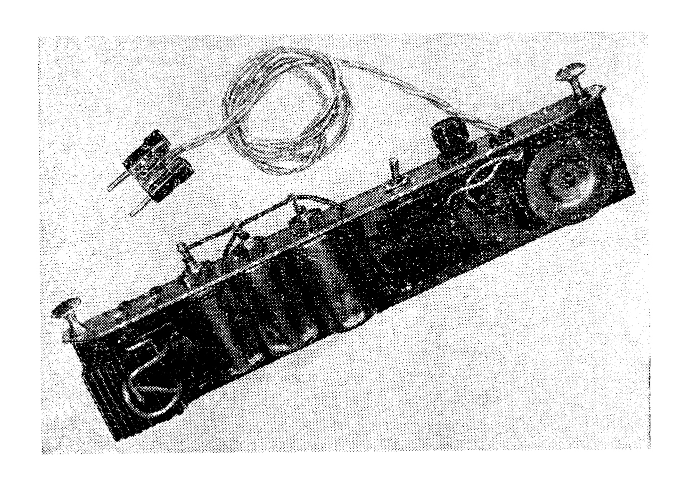


Рис. 38. Внешний вид кассеты выпрямителя.

(T_1 — типа П202, а T_2 — П210). Транзистор T_2 крепится на радиаторе. Выпрямление осуществляется четырьмя диодами $Д_1$—$Д_4$ типа Д7Ж или Д226, включенными по мостовой схеме.

Для сглаживания пульсаций и уменьшения дифференциального выходного сопротивления поставлены три электролитических конденсатора большой емкости C_1—C_3 (каждый по 2 000 *мкф* на 25 *в*). Трансформатор Tp_1 для уменьшения общих габаритов кассеты выпрямителя и ослабления магнитных наводок на универсальные головки

выполнен на тороидальном сердечнике. Магнитопровод сердечника — витой, из стали ХВП, общим сечением 20×10 *мм* и внешним диаметром 50 *мм*. Обмотка I трансформатора состоит из 3 185 витков провода ПЭВ-0,18, обмотка II — из 2 325 витков провода ПЭВ-0,14, а обмотка III — из 550 витков провода ПЭВ-0,5.

В выпрямителе применены резисторы типа МЛТ-0,5. Переключение напряжения сети производится тумблером $П_1$.

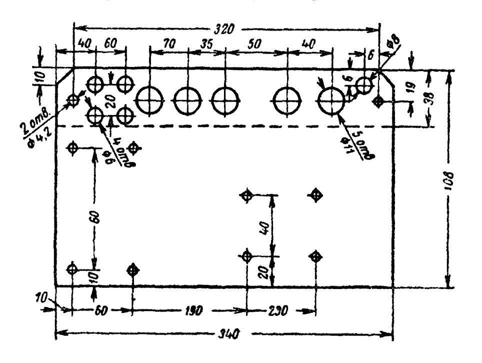


Рис. 39. Конструкция шасси кассеты выпрямителя.

Налаживание выпрямителя сводится к подбору резистора R_1.

Внешний вид выпрямительной кассеты показан на рис. 38. Габариты ее не отличаются от батарейной кассеты. Шасси кассеты выполнено из дюралюминия толщиной 1,5 *мм*. Чертежи выпрямительной кассеты приведены на рис. 39.

ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА

Принципиальная схема всей конструкции приведена на рис. 40—44. При составлении схемы учитывалась необходимая компоновка в отдельные узлы разных частей схемы. Поэтому вся схема разбита на девять составных частей, выполняющих самостоятельные функции в магнитофоне. На плате I (рис. 40) собраны два идентичных предварительных усилителя $ПУ_1$ и $ПУ_2$, мощный контрольный усилитель *МУ* и коммутирующие реле. На плате II (рис. 41) собраны стабилизатор скорости *СС*, генератор стирания и подмагничивания *ГСП*, а также цепи управления и коммутации. Плата III (рис. 42) выполнена в виде центрального узла лентопротяжного механизма, на ней установлены универсальные *ГУ* и стирающие *ГС* головки, ведущий электродвигатель $ЭД_1$ с датчиком для стабилизатора скорости, соленоиды узла прижима ленты, а также контактные колонки для осуществления реверса направления движения магнитной ленты. Плата IV (рис. 42) выполнена в виде бокового узла лентопротяжного механизма, на ней установлены электродвигатель $ЭД_2$ правой подмотки и перемотки, а также конденсаторы фильтра. Плата V (рис. 42) выполнена аналогично плате IV, но выполняет функции левого приемно-подающего узла магнитофона. На плате VI (рис. 42) установлены индикаторная головка $И_1$, мостовая схема выпрямителя и конденса-

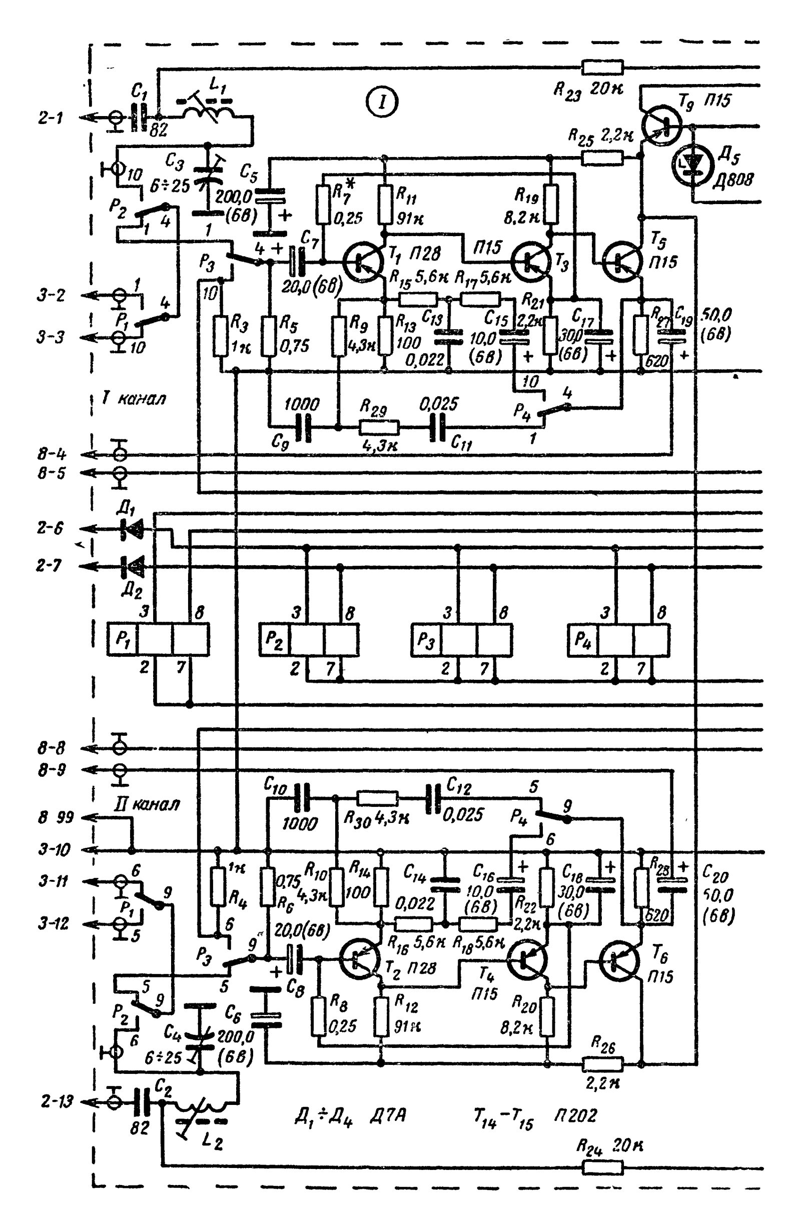
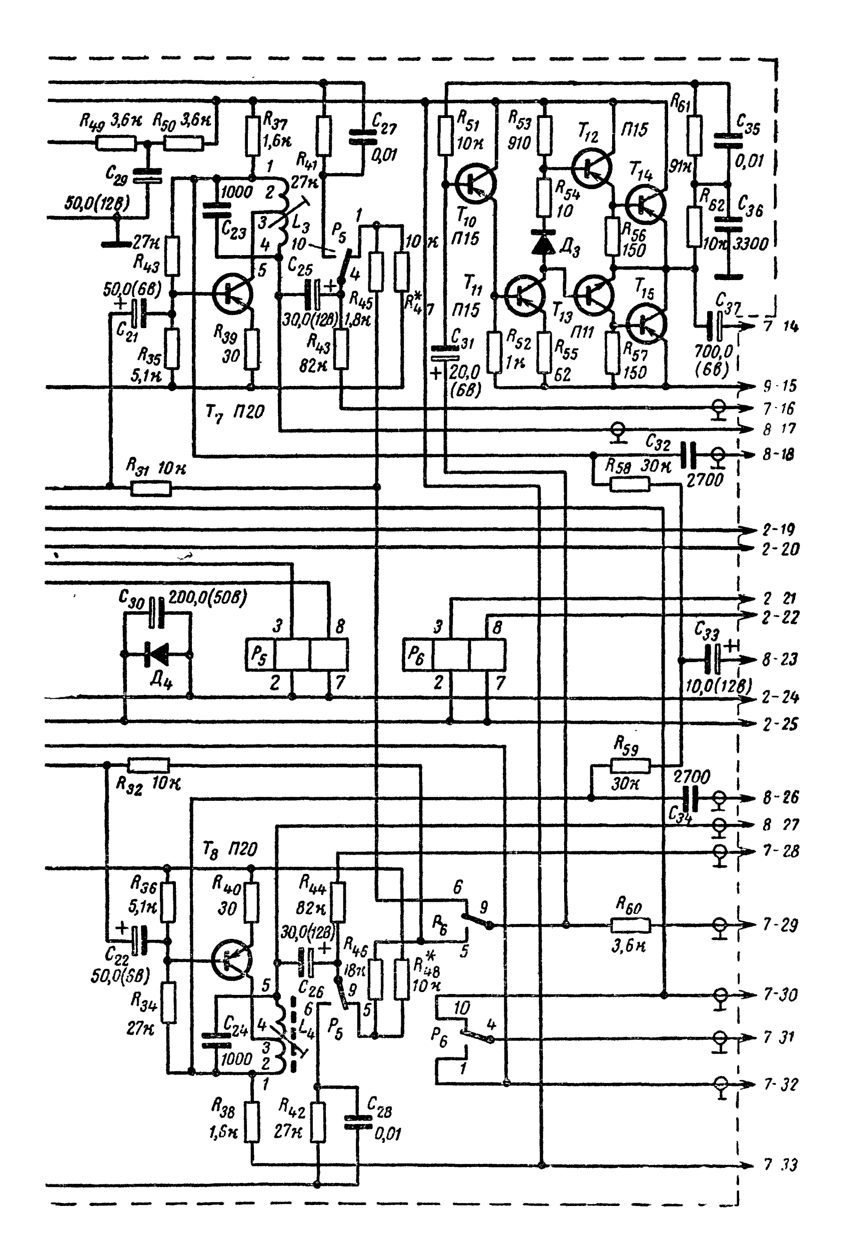
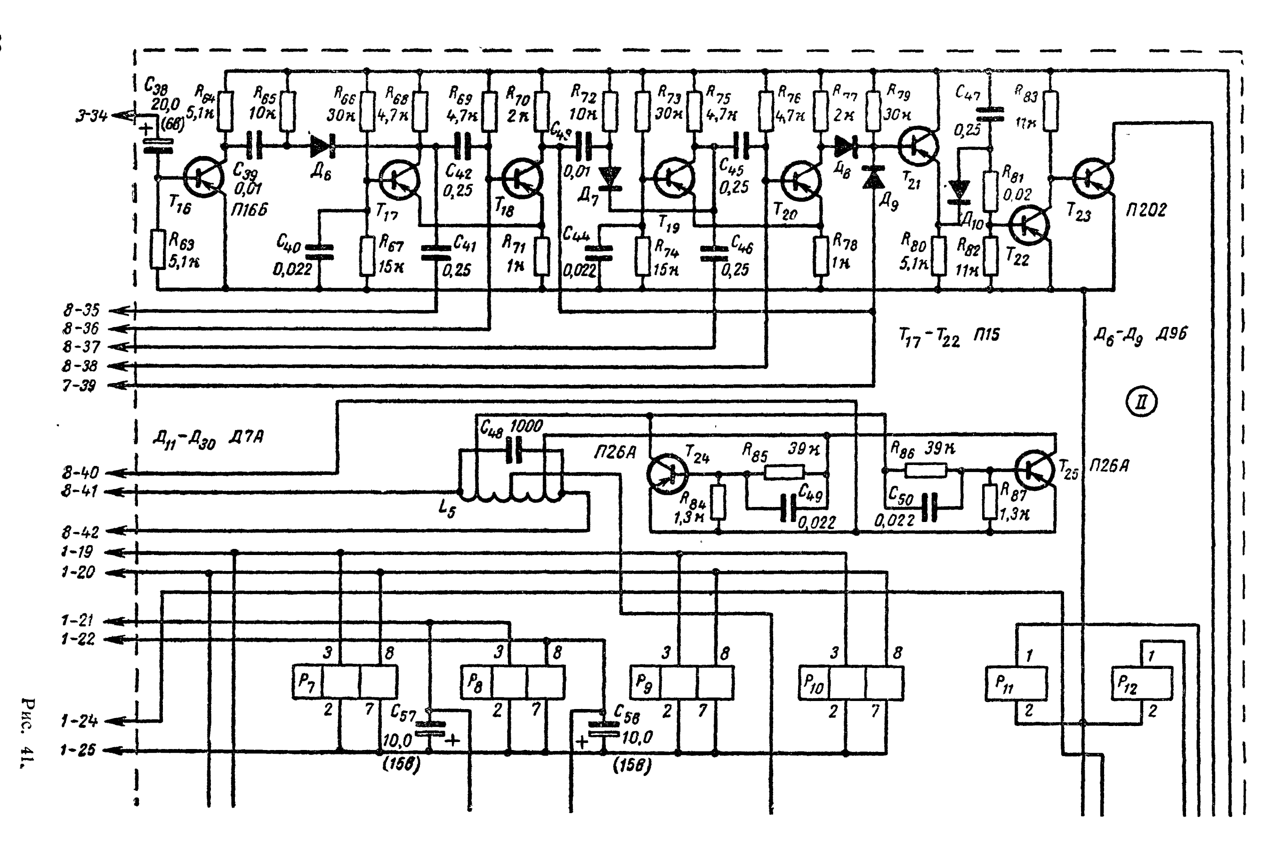


Рис. 40.

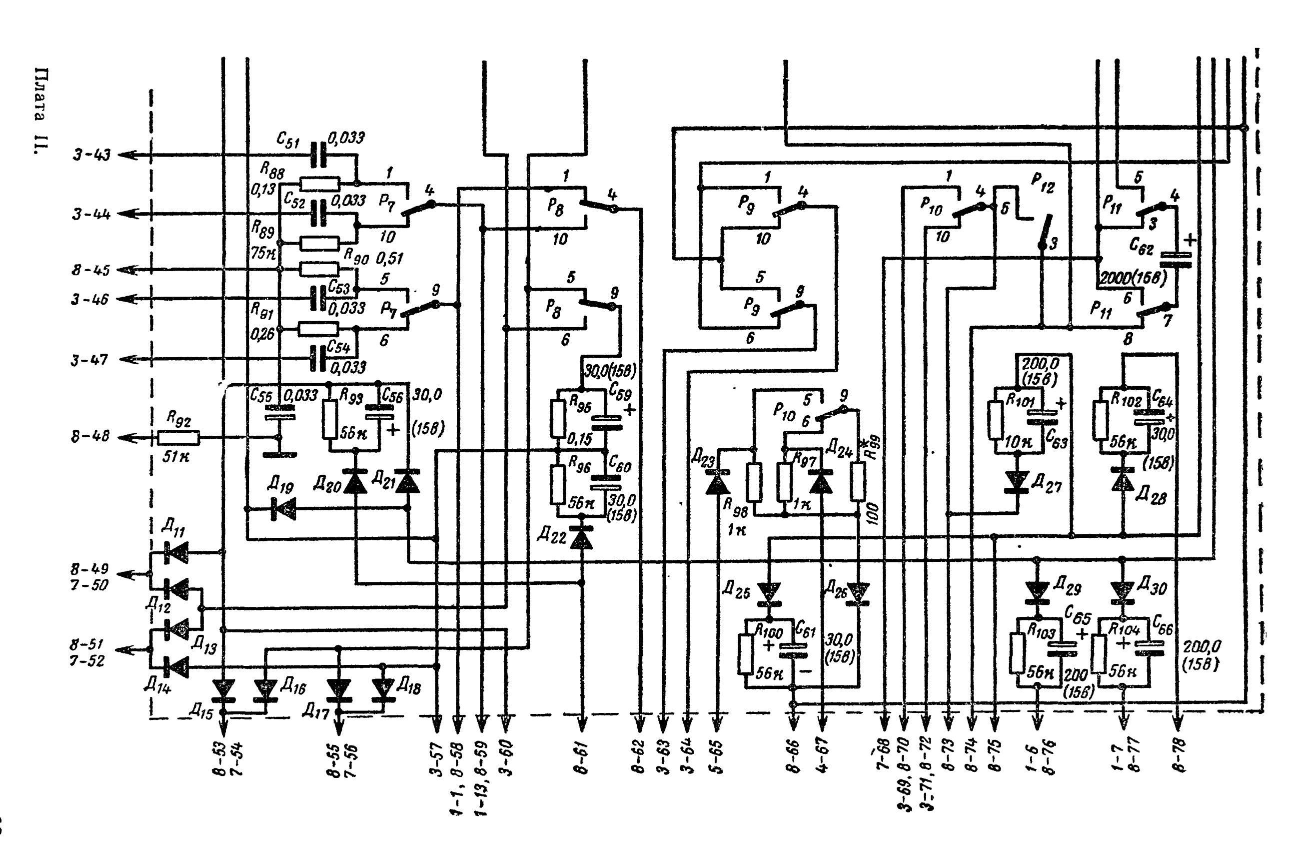

R49 3,6к
R50 3,6к
C29
50,0(12В)
R37
1,6к
C27
0,01
R41
27к
1000
C23
L3
P5
10к
R43
27к
50,0(6В)
C21
R35
5,1к
R39
30
C25
30,0(12В)
R45
1,8к
R43
82к
R*47
T7 П20
R51
10к
T10
П15
R53
910
R54
10
Д3
T12
П15
T14
R56
150
T11
П15
T13
П11
T15
R52
1к
R55
62
R57
150
C31
20,0
(6В)
R61
91к
C35
0,01
R62
10к
C36
3300
C37
700,0
(6В)
7 14
9 15
7 16
8 17
C32
8-18
R58 30к
2700
R31 10к
2-19
2-20
C30
200,0(50В)
Д4
P5
P6
2 21
2-22
C33
10,0(12В)
8-23
2-24
2-25
R59
30к
2700
C34
8-26
8 27
7-28
R32 10к
T8 П20
R36
5,1к
C22
50,0(6В)
R34
27к
R40
30
R44
82к
30,0(12В)
C26
R46
18к
R*48
10к
P6
R60
3,6к
7-29
7-30
C24
1000
L4
P5
7 31
7-32
R38
1,6к
R42
27к
C28
0,01
7 33

Плата I.



3-34
C_{38} 20,0 (6в)
R_{64} 5,1к
R_{65} 10к
R_{66} 30к
R_{68} 4,7к
R_{69} 4,7к
R_{70} 2к
R_{72} 10к
R_{73} 30к
R_{75} 4,7к
R_{76} 4,7к
R_{77} 2к
R_{79} 30к
C_{47} 0,25
R_{83} 11к
C_{39} 0,01
Д6
C_{42} 0,25
C_{43} 0,01
Д7
C_{45} 0,25
Д8
Д9
T_{21}
R_{81} 0,02
Д10
T_{16}
П16Б
T_{17}
T_{18}
T_{19}
T_{20}
T_{22}
T_{23}
П202
R_{63} 5,1к
C_{40} 0,022
R_{67} 15к
C_{41} 0,25
R_{71} 1к
C_{44} 0,022
R_{74} 15к
C_{46} 0,25
R_{78} 1к
R_{80} 5,1к
R_{82} 11к
8-35
8-36
8-37
8-38
7-39
T_{17}-T_{22} П15
Д6-Д9 Д9Б
II
Д11-Д30 Д7А
C_{48} 1000
П26А
T_{24}
R_{85} 39к
R_{86} 39к
T_{25}
П26А
8-40
8-41
L_5
R_{84} 1,3к
C_{49} 0,022
C_{50} 0,022
R_{87} 1,3к
8-42
1-19
1-20
1-21
1-22
1-24
1-25
P_7
P_8
P_9
P_{10}
P_{11}
P_{12}
C_{57} 10,0 (15в)
C_{58} 10,0 (15в)

Рис. 41.


3-43
3-44
8-45
3-46
3-47
8-48
8-49
7-50
8-51
7-52
C51 0,033
R88 0,13
C52 0,033
R89 75к
R90 0,51
C53 0,033
R91 0,26
C54 0,033
C55 0,033
R93 56к
C56 30,0 (15в)
R92 51к
Д11
Д12
Д13
Д14
Д15
Д16
Д17
Д18
Д19
Д20
Д21
Р7
Р8
30,0(15в)
R95 0,15
C59
R96 56к
C60 30,0 (15в)
Д22
Р9
Р10
Р11
Р12
Д23
R98 1к
R97 1к
Д24
R99 100
Д25
Д26
R100 56к
C61 30,0 (15в)
C62 2000(15в)
200,0 (15в)
R101 10к
C63
R102 56к
C64 30,0 (15в)
Д27
Д28
Д29
Д30
R103 56к
C65 200 (15в)
R104 56к
C66 200,0 (15в)
8-53 7-54
8-55 7-56
3-57
1-1, 8-58
1-13, 8-59
3-60
8-61
8-62
3-63
3-64
5-65
8-66
4-67
7-68
3-69, 8-70
3-71, 8-72
8-73
8-74
8-75
1-6 8-76
1-7 8-77
8-78

Плата 11.

торы фильтра. Плата VII (рис. 43) — панель связи, на ней установлены входные и выходные гнезда магнитофона $Г_1$ — $Г_{14}$, разъем дистанционного управления $Ш_1$, регулятор стереобаланса R_{108}, переключатель $П_9$ местное управление *М* — дистанционное управление *Д* и выключатель $П_8$ местного громкоговорителя $Гр_1$. Плата VIII (рис. 44) содержит следующие органы управления: переключатель рода работ $П_7$; кнопки выбора номера дорожек $П_2$—$П_5$; кнопка индикатора $П_6$; переключатель «моно — стерео», «скорость 4,7 — 9,5»— $П_1$; спаренный регулятор громкости R_1—R_2.

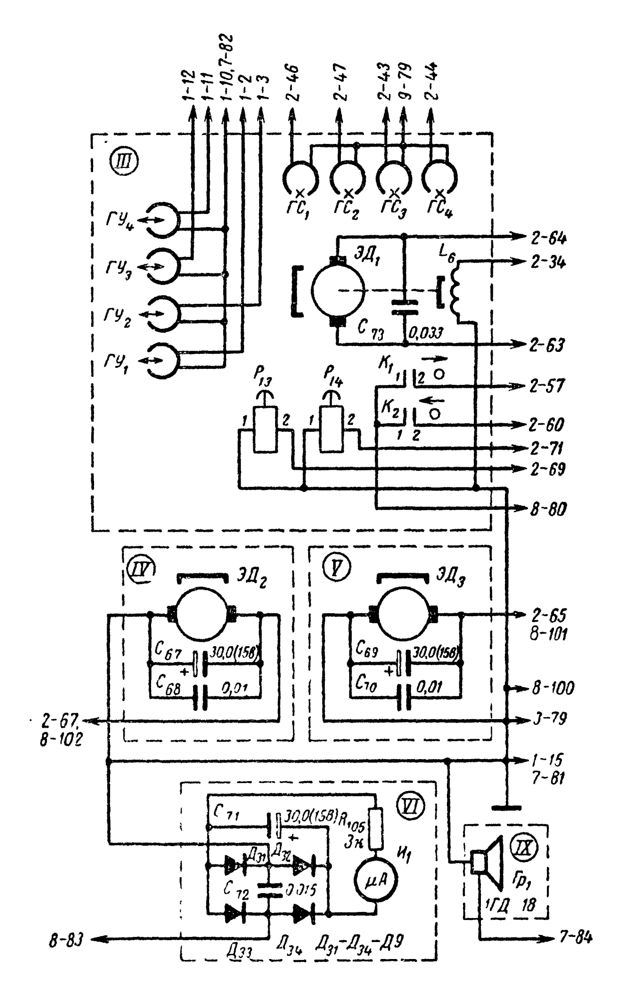


Рис. 42. Платы III, IV, V, VI, IX.

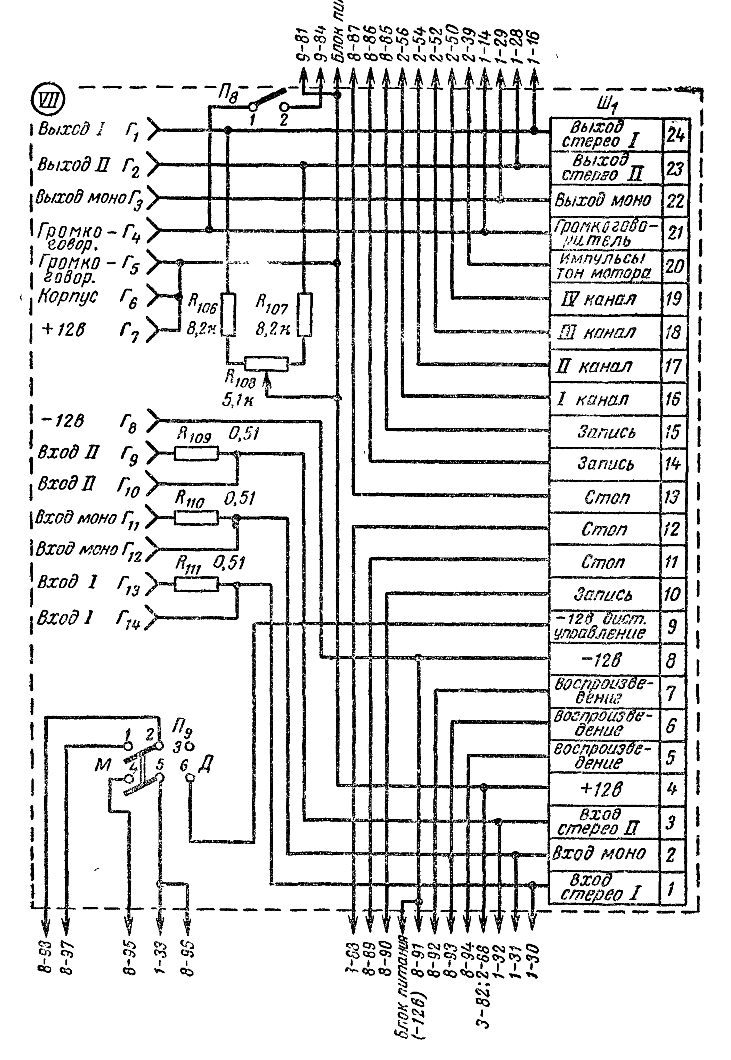


Рис. 43. Плата VII.

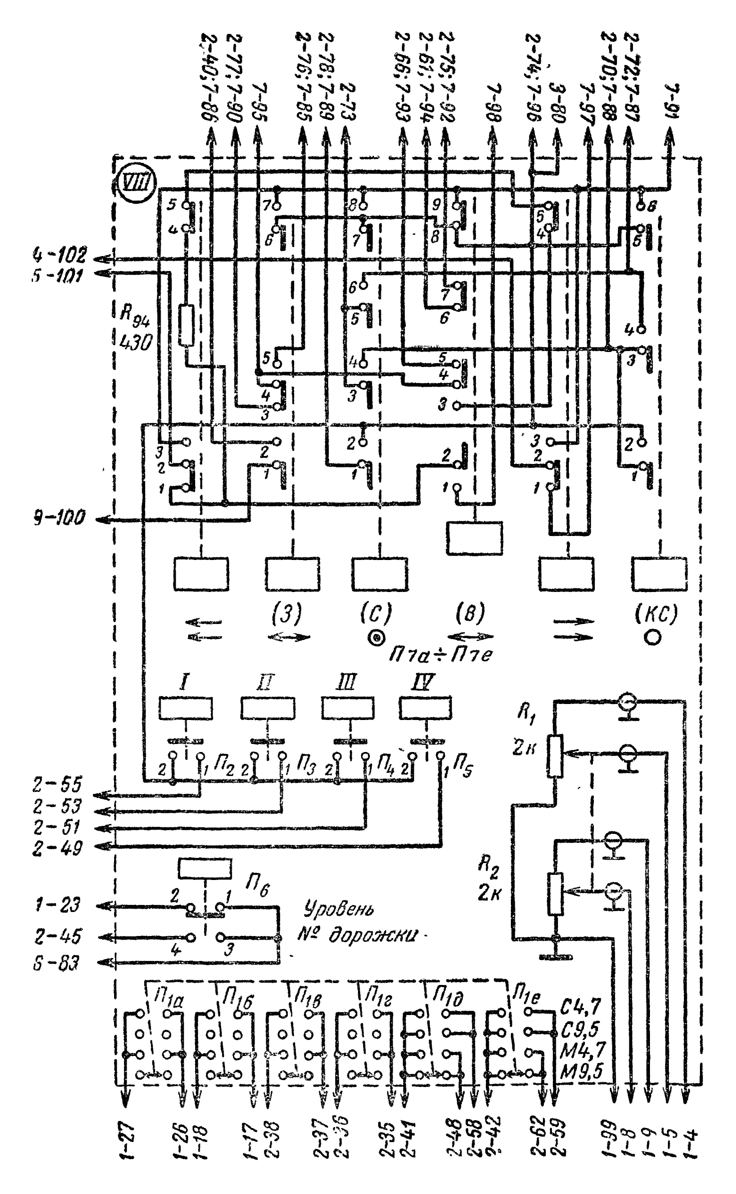


Рис. 44. Плата VIII.

Громкоговоритель $Гр_1$ типа 1ГД-18 (узел *IX* на рис. 42). Двойные цифры на принципиальной схеме означают: первая цифра — номер платы магнитофона, вторая цифра — номер провода, соединяющего платы магнитофона.

Плата I. Особенности построения схем предварительных усилителей и контрольного мощного усилителя были рассмотрены ранее. Здесь мы подробно остановимся на коммутации входных, внутренних и выходных цепей усилителей.

Реле $Р_1$ своими контактами подключает универсальные головки согласно направлению движения магнитной ленты. На схеме реле $Р_1$ показано в положении, при котором подключены к усилителю головки $ГУ_2$ и $ГУ_4$ для левого направления движения ленты. При правом направлении к усилителю подключаются $ГУ_1$ и $ГУ_3$. Контакты реле $Р_2$ и $Р_3$ служат для переключения усилителя с «записи» на «воспроизведение». Контакты этих реле на схеме показаны в положении «воспроизведение».

Изменение частотных характеристик усилителей производится путем переключения контактами реле $Р_4$ частотно-зависимых цепей обратной связи. Выходы предварительных усилителей коммутируются контактами реле $Р_5$, контакты этих реле изображены в положении «воспроизведение».

Регулировка уровня записи (воспроизведения) осуществляется сдвоенным потенциометром R_1—R_2 типа ППЗ-44 сопротивлением 2 *ком*. Могут быть использованы любые сдвоенные переменные резисторы, обеспечивающие точность изменения сопротивления от угла поворота не хуже 2%. Регулятор уровня вынесен на основную панель магнитофона.

Сигналы с выходов предварительных усилителей подаются в режиме «воспроизведение» через резисторы R_{43} и R_{44} на выходные гнезда $Г_2$ и $Г_1$ панели связи (в режиме «запись» через эти гнезда можно вести контроль записываемого сигнала) и на контакты *23* и *24* разъема $Ш_1$ на этой же панели. Кроме того, сигналы с выходов предварительных усилителей через резисторы R_{45} и R_{46} подаются на контакты реле $Р_6$, которое в зависимости от включенного полукомплекта головок (верхний $ГУ_1$, $ГУ_2$ или нижний $ГУ_3$, $ГУ_4$) подключает выход первого или второго канала на мощный усилитель. На схеме контакты этого реле показаны в положении верхнего полукомплекта головок ($ГУ_1$ и $ГУ_2$). Другая группа контактов реле $Р_6$ подключает гнездо $Г_{11}$ и $Г_{12}$ и контакт *2* (вход «моно») разъема $Ш_1$ на панели связи в режиме записи ко входам предварительных усилителей $ПУ_1$ или $ПУ_2$. Гнезда $Г_9$, $Г_{10}$ и контакт *3* («вход стерео *II*»), а также гнезда $Г_{13}$, $Г_{14}$ и контакт *1* («вход стерео *I*») подключаются в режиме «запись» непосредственно ко входам соответствующих усилителей.

В режиме «запись» напряжения с выходов предварительных усилителей через корректирующие цепочки R_{41}, C_{27}, R_{23} и R_{42}, C_{28}, R_{24}, а также через цепи умножителей напряжения подмагничивания L_1, C_1, C_3 и L_2, C_2, C_4 подаются на универсальные головки.

Для прослушивания записываемых сигналов в режиме «запись» сигналы с регуляторов уровня R_1, R_2 подаются через резисторы R_{31}, R_{32} и контакты реле $Р_6$ на вход контрольного мощного усилителя.

При записи стереопрограмм можно прослушивать на контрольном усилителе любой из каналов, нажимая на кнопку выбора соответствующей дорожки. Сигнал с выхода мощного усилителя через конденса-

тор C_{37} и через переключатель $П_8$ на панели связи подается на громкоговоритель $Гр_1$.

Кроме того, на плате I расположены:

разделительные диоды $Д_1$, $Д_2$, $Д_4$ и конденсатор C_{30}, о назначении которых будет рассказано ниже;

суммирующие резисторы R_{58}, R_{59} и конденсатор C_{33} для подачи на плату индикации VI напряжений с выходов предварительных усилителей;

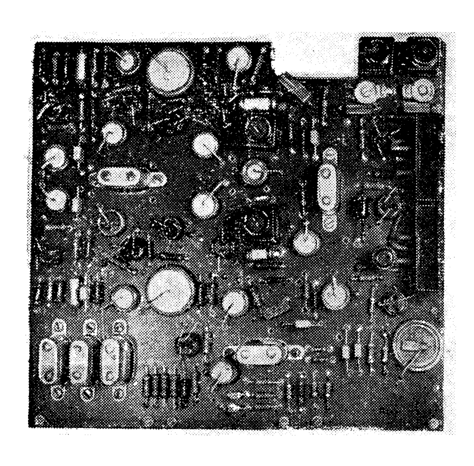


Рис. 45. Внешний вид платы предварительных усилителей.

конденсаторы C_{32} и C_{34}, подключаемые с помощью переключателя $П_{1б}$ и $П_{1а}$ параллельно конденсаторам C_{23} и C_{24} соответственно при скорости движения магнитной ленты 4,76 *см/сек*. Плата I выполнена объемным монтажом на гетинаксовой панели размерами 195×182×2,5 *мм*. Все детали размещены на плате с одной стороны. Для крепления деталей и электрического монтажа к плате приклепаны луженые пистоны. Для монтажных заземляющих шин используется медный луженый или посеребренный провод диаметром 0,5—1,0 *мм*. Остальные соединения делаются мягким монтажным проводом 0,2 *мм*. Для некоторых цепей, отмеченных на схеме условным знаком, используется экранированный провод.

Размещение деталей на плате I показано на рис. 45. Для уменьшения наводок на входные цепи элементы умножителей напряжения подмагничивания L_1, C_1, C_3 и L_2, C_2, C_4 расположены у выходных каскадов усилителей и соединяются высокочастотным кабелем *РК-19* с контактами *10* и *6* реле P_2.

Применены следующие детали: реле P_1—P_5 типа РПС-20 с напряжением срабатывания не более 20 *в*, реле P_6 того же типа, но с напряжением срабатывания не более 18 *в*; электролитические конденсаторы типа ЭТО-1 и ЭТО-2; конденсаторы C_7 и C_8 должны быть подобраны с малым током утечки; остальные конденсаторы типа КСО, КЛС и МБМ; резисторы типа МЛТ-0,25; подстроечные конденсаторы C_3 и C_4 типа КПК-1; катушки контуров L_1—L_4 помещены в феррито-

вые броневые сердечники типа ОБ-12 и содержат по 500 витков провода ПЭВ-1 0,1; катушки L_3 и L_4 имеют отводы от 100-го витка, к которым подключаются цепи коллекторов транзисторов T_7 и T_8; индуктивность катушек 200 *мгн*, добротность не менее 20; транзисторы T_{14} и T_{15} установлены с радиаторами.

Электрически плата I соединяется со жгутом межблочных соединений с помощью трех 12-контактных монтажных колодок.

Настройка платы I. На контакт *33* подают —12 *в*, а на контакты *15* и *10* +12 *в*. К контактам *4*, *5*, *8*, 9 подключают выводы резисторов R_1 и R_2 (регулятора уровня записи — воспроизведения). Громкоговоритель 1ГД-18 подключают к контактам *14* и *15*. Затем переключают предварительные усилители в режим воспроизведения путем подачи напряжения +24 *в* последовательно на следующие пары контактов *19* (—) и *25* (+), *6* (—) и *24* (+), *22* (—) и *25* (+). Указанное напряжение подают в течение одной секунды. Далее проверяют режимы транзисторов, которые должны соответствовать режимам, приведенным в табл. 1.

На контакты *2* и *10* (корпус) платы подают с выхода звукового генератора напряжение 1 *мв*. Выходное сопротивление звукового генератора должно быть не менее 1 *ком*. Вход осциллографа подключают к контактам *17* и *10*. Регулятор уровня воспроизведения ставят в положение максимального усиления. Изменяя частоту звукового генератора, снимают амплитудно-частотную характеристику усилителя, которая должна соответствовать характеристике, приведенной на рис. 8. На частоте 1 000 *гц* (уровень 0 *дб*) выходное напряжение должно быть около 2 *в*.

При существенном расхождении этих характеристик производят подбор элементов цепей коррекции.

Далее подключив вход осциллографа к контактам *14* и *10*, снимают частотную характеристику предварительного и мощного усилителей. Суммарная частотная характеристика обоих усилителей должна иметь дополнительный подъем на 6 *дб* в области нижних и верхних частот рабочего диапазона. Одновременно измеряют коэффициент нелинейных искажений. В случае необходимости производят подбор режимов транзисторов для уменьшения нелинейных искажений.

Переключив выход звукового генератора на контакты *12* и *10*, а вход осциллографа на контакты *27* и *10*, аналогично снимают амплитудно-частотную характеристику в режиме «воспроизведение» второго предварительного усилителя. Частотные характеристики обоих предварительных усилителей в режиме «воспроизведение» не должны отличаться между собой более чем на 2 *дб*. Выравнивание коэффициентов усиления $ПУ_1$ и $ПУ_2$ производится подбором сопротивлений резисторов R_{39} и R_{40}.

После этого, подав напряжение 24 *в* в течение одной секунды на контакты *21* (—) и *25* (+), снимают амплитудно-частотную характеристику предварительного усилителя $ПУ_2$ и мощного усилителя.

После проверки усилителей в режиме «воспроизведение» переходят к проверке и, если это необходимо, настройке предварительных усилителей в режиме «запись». Для этого подают в течение одной секунды напряжение 24 *в* на контакты *7* (—) и *24* (+). Между контактами *12* и *10* (корпус) подключают универсальную магнитную головку и добавочный резистор $R_{доб}$ сопротивлением 100 *ом*, который включают в земляной провод последовательно с головкой. Осциллограф подключают параллельно резистору $R_{доб}$ и, подав на контакт *31*

с звукового генератора напряжение 1 *мв*, снимают амплитудно-частотную характеристику $ПУ_2$ в режиме «запись». Уровню 0 *дб* соответствует ток головки 0,06 *ма*. В случае отклонения амплитудно-частотной характеристики усилителя от приведенной на рис. 9 производят подбор элементов корректирующих цепей. Для проверки $ПУ_1$ в режиме «запись» подают напряжение 24 *в* в течение одной секунды на контакты *22* (—) и *25* (+), а универсальную головку с добавочным резистором подключают к контактам *2*, *10* и снимают частотную характеристику $ПУ_1$ в режиме «запись». Частотные характеристики обоих усилителей в режиме «запись» не должны отличаться более чем на 2 *дб*.

Далее подключают выход звукового генератора к контактам *1* и *10* и устанавливают выходное напряжение равным 50 *в*, а частоту генератора 70 *кгц*. При этом падение напряжения на резисторе $R_{доб}$ должно быть не менее 60 *мв*, что соответствует току подмагничивания 0,6 *ма*. При необходимости производят подстройку контура L_1 и C_3.

Подключив универсальную головку с добавочным резистором к контактам *12* и *10* (корпус), а выход звукового генератора к контактам *13* и *10* (корпус), замеряют падение напряжения на резисторе $R_{доб}$, оно также должно быть равно 60 *мв*. При необходимости производят подстройку контура L_2 и C_4.

Плата II. В плату II входят схемы стабилизатора скорости, генератора стирания и подмагничивания, а также схемы отдельных цепей коммутации. Подробно остановимся на взаимодействии вышеперечисленных схем с остальными элементами магнитофона.

Импульсы с датчика L_6 ведущего электродвигателя $ЭД_1$ подаются непосредственно на вход стабилизатора скорости, собранного на транзисторах T_{16}—T_{23}. Изменение длительности импульсов ждущих мультивибраторов при переключении скорости движения магнитной ленты с 9,53 на 4,76 *см/сек* производится переключателем $П_{1в}$ и $П_{1г}$ путем подключения конденсаторов C_{41} и C_{46} параллельно конденсаторам C_{42} и C_{25} соответственно.

Ведущий электродвигатель $ЭД_1$ включается между коллектором транзистора T_{23} и минусовой шиной стабилизатора скорости.

Реверс $ЭД_1$ осуществляется с помощью реле P_9. Генератор стирания и подмагничивания, собранный на транзисторах T_{24}—T_{25}, включается при нажатии клавиши «запись» переключателя $П_7$. Высокочастотное напряжение с контура L_5—C_{48} подается в режиме «стерео» через переключатель $П_{1д}$ и $П_{1е}$ на контакты *4* и *9* реле P_7. Последнее в зависимости от направления движения ленты подключает выход генератора через разделительные конденсаторы C_{51}—C_{54} к соответствующей паре стирающих головок ($ГС_1$, $ГС_3$ или $ГС_2$, $ГС_4$). Конденсаторы C_{51}—C_{54} служат для предотвращения попадания на головки стирания постоянного напряжения источника питания.

В режиме «моно» напряжение с правого (по схеме) плеча контура *ГСП* через переключатель $П_{1е}$ подается на контакт *4* реле P_8, а левое плечо через переключатель $П_{1д}$ нагружается для симметрии *ГСП* балластным резистором R_{92}. Высокочастотное напряжение с контакта *4* реле P_8 подается на одну из четырех стирающих головок в зависимости от выбранного номера дорожки. Эта коммутация осуществляется двумя группами контактов реле P_7 и одной группой контактов реле P_8 (*1*, *4*, *10*). Для уменьшения количества реле в магнитофоне эти же три группы контактов с четырьмя резисторами R_{88}—R_{91} используются для индикации номера выбранной дорожки. Каждой

дорожке соответствует своя комбинация положений контактов реле P_7 и P_8 (одной группы) и один из четырех резисторов R_{88}—R_{91}.

Вторая группа контактов реле P_8 (*5*, *9*, *6*), конденсаторы C_{57}, C_{58} и обмотка реле P_8 сбразуют триггерную схему, необходимую для переключения полукомплектов головок в автоматическом режиме. Цепочка R_{95}—C_{59} служит для одноразового срабатывания триггера при прохождении металлизированной наклейки на ракорде через правую боковую контактную колонку K_1. Постоянная времени этой цепочки $\tau = 5$ *сек*.

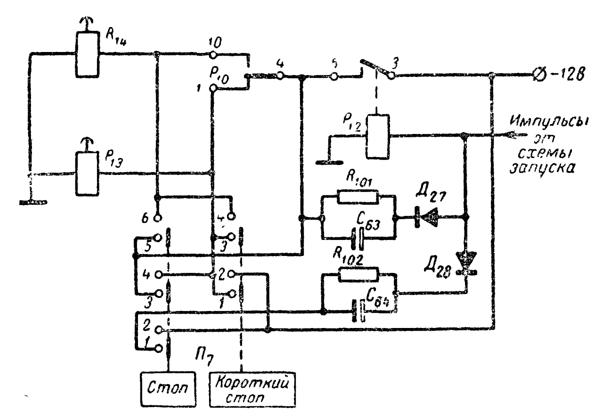


Рис 46. Схема цепей управления соленоидами узла прижима ленты.

Реле P_{10}, участвующее в реверсировании направления движения магнитной ленты, коммутирует также цепи соленоидов P_{13} и P_{14} (контакты *1*, *4*, *10*) и цепи питания боковых электродвигателей $ЭД_2$ и $ЭД_3$ (контакты *5*, *6*, *9*). Принципиальная схема цепей управления соленоидами приведена на рис. 46. В режиме «стоп» или «кратковременный стоп» оба соленоида включаются параллельно, причем в режиме «кратковременный стоп» на эти соленоиды подается напряжение от источника питания. Для того чтобы не было излишнего расхода энергии автономных источников питания, нажатие этой кнопки необходимо производить только на время отвода лентоприжимов. Кнопка «короткий стоп» переключателя $П_7$ выполнена без фиксации.

В режиме «стоп» на оба соленоида подается импульс напряжения от источника питания длительностью 0,1 *сек*. Предварительный запуск реле P_{12} производится через цепочку $Д_{28}$—R_{102}—C_{64} и контакты *1*, *2* кнопки «Стоп», после чего это реле самоблокируется на время, определяемое постоянной времени цепи C_{63} — сопротивление обмотки реле P_{12}. По мере заряда конденсаторов C_{63} и C_{64} действие этих цепей прекращается. Параллельно конденсаторам C_{63} и C_{64} подключены резисторы R_{101} и R_{102} для разряда этих конденсаторов в промежутках между командами. Диоды $Д_{27}$ и $Д_{28}$ являются разделительными.

В режиме «запись» или «воспроизведение» происходит срабатывание одного из соленоидов через контакты *1*, *4*, *10* реле P_{10}. При переключении направления движения ленты переключается реле P_{10} и соответственно происходит срабатывание другого соленоида.

Срабатывание реле P_{12} может производиться не только от контактов кнопки «Стоп», но и от кнопок выбора дорожек ($П_2$—$П_5$), боковых контактных колонок (K_1 и K_2) и кнопки «Воспроизведение» переключателя $П_7$. Принципиальная схема этих цепей приведена на рис. 47.

Нажатие одной из кнопок $П_2$—$П_5$ выбора номера дорожек или замыкание одной из боковых контактных колонок K_1 или K_2 при-

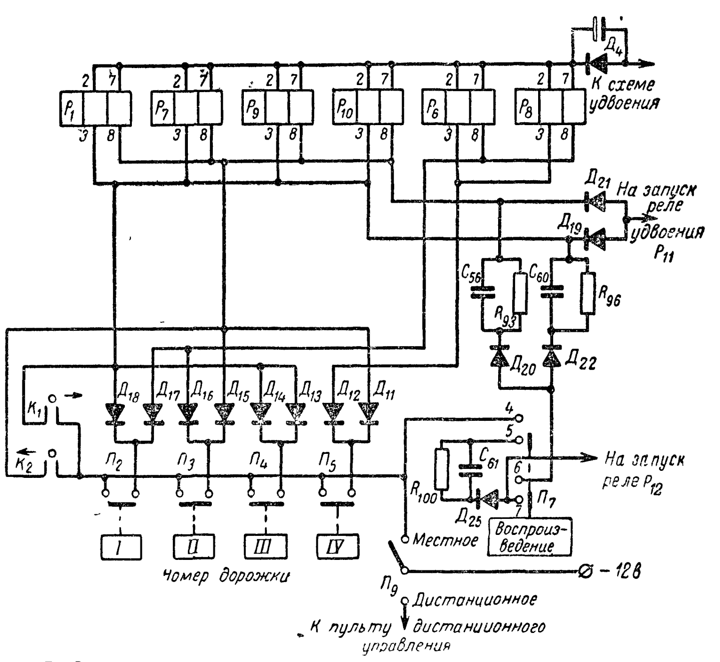


Рис. 47. Схема цепей управления направлением движения магнитной ленты.

водит к перебросу в соответствующее положение поляризованных реле P_1, P_6—P_{10}. В связи с тем что эти реле рассчитаны на номинальное напряжение, большее 12 *в*, питание их осуществляется от схемы удвоения напряжения (рис. 48).

Реле P_1, P_7, P_9, P_{10} предназначены для изменения направления движения ленты, а реле P_6, P_8 — для переключения полуколпаков головок. Запуск этих реле осуществляется через разделительные диоды $Д_{11}$—$Д_{18}$.

Одновременно с нажатием любой из кнопок $П_2$—$П_5$ через времязадающие цепочки C_{56}—$Д_{20}$—R_{93} и C_{60}—$Д_{22}$—R_{96} производится запуск реле P_{12}, которое подает напряжения 12 *в* на один из соленоидов только в том случае, если нажата кнопка «Воспроизведение» переключателя $П_7$ (через замкнутые контакты *6*, *7* этого переключателя). Если предварительно (до нажатия кнопки «Воспроизведение») была выбрана определенная дорожка, то запуск реле P_{12} производится через цепочку C_{61}—$Д_{25}$—R_{100} и контакты *4*, *5* переключателя $П_7$

Вторая группа контактов реле P_{10} (контакты *5, 9, 6*) управляет боковыми электродвигателями $ЭД_2$ и $ЭД_3$ согласно рис. 49 (кнопка «Воспроизведение» нажата).

При нажатии кнопки «Воспроизведение» переключателя $П_7$ напряжение источника питания через диод $Д_{26}$, резистор R_{99}, контакты реле P_{10} и диоды $Д_{23}$ или $Д_{24}$ (в зависимости от направления движения ленты) подается на подматывающий двигатель. Для натяжения

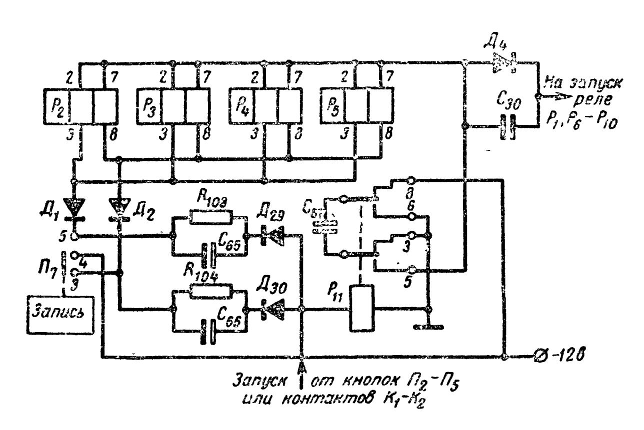


Рис. 48. Схема цепей питания реле.

ленты со стороны подающего бокового узла через диод $Д_{26}$ и резисторы R_{97} и R_{98} напряжение от источника питания подается на оба двигателя одновременно, причем на подматывающий электродвигатель подается большее напряжение за счет подключения резистора R_{99}.

Конденсатор C_{62} в промежутках между коммутациями заряжается до напряжения 12 *в* (рис. 48). Запуск реле P_{11} производится от кнопок $П_2$—$П_5$, от боковых контактных колонок K_1—K_2, от кнопки «Запись» переключателя $П_7$. В последнем случае запуск производится через цепочки $Д_{29}$—R_{103}—C_{65} и $Д_{30}$—R_{104}—C_{66}. С помощью контактов реле P_{11} конденсатор C_{62} включается в цепь питания обмоток поляризованных реле, напряжение на которых в течение длительности импульса оказывается равным удвоенному напряжению источника питания. Реле P_{11} должно срабатывать от напряжения 10 *в*. Время срабатывания этого реле определяется постоянной времени цепи C_{65} (C_{66}), прямое сопротивление диода $Д_{29}$ ($Д_{30}$), сопротивление обмотки реле P_{11}. Резисторы R_{103} и R_{104} служат для обеспечения разряда указанных конденсаторов. Диоды $Д_1$, $Д_2$ и $Д_4$ — разделительные. Первые два устраняют паразитный заряд конденсатора C_{65} (C_{66}) по цепи: +12 *в*, обмотка реле P_{11}, диод $Д_{29}$ ($Д_{30}$), обмотка реле P_2—P_5, переключатель $П_7$, переключатель $П_9$, —12 *в*.

Параллельно диоду $Д_4$ подключен конденсатор C_{30} для улучшения условий срабатывания группы реле P_1, P_6—P_{10}.

Плата II выполнена объемным монтажом на гетинаксовой панели с размерами 170×165×2,5 *мм*. Все детали размещены на плате

с одной стороны. Способ ведения монтажа точно такой же, как и платы I. Размещение деталей платы II на гетинаксовой панели показано на рис. 50. Плата II соединяется со жгутом межблочных соединений с помощью четырех 12-контактных монтажных колодок. Применены следующие детали: реле $Р_8$ типа РПС-20

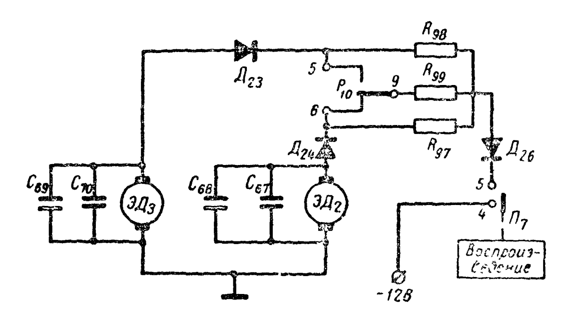


Рис. 49. Схема питания боковых электродвигателей в режиме «запись — воспроизведение».

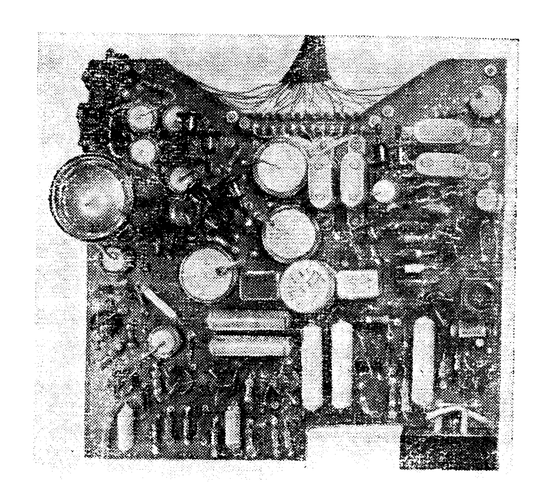


Рис. 50. Внешний вид платы коммутации.

с напряжением срабатывания не более 18 *в*, реле $Р_7$, $Р_9$, $Р_{10}$ того же типа, но с напряжением срабатывания 20 *в*; реле $Р_{11}$ типа РЭС-9, реле $Р_{12}$ типа РЭС-10, оба реле с напряжением срабатывания не более 10 *в*; электролитические конденсаторы типа ЭТО-1 и ЭТО-2, возможно применение конденсаторов типа ЭМ и К50, остальные конденсаторы типа КСО, КЛС и МБМ, причем конденсатор $С_{48}$ должен быть слюдяным (типа КСО) с рабочим напряжением не менее 250 *в*; резисторы, кроме резистора R_{99}, типа МЛТ-0,25, а резистор R_{99} типа

МЛТ-1; катушка контура L_5 помещена в ферритовый броневой сердечник типа ОБ-12 и содержит 65+15+15+65 витков провода ПЭВ-1 0,15. При намотке необходимо принять меры для предотвращения пробоя между крайними витками катушки; транзистор T_{23} укрепляют с радиатором; диоды $Д_{11}$—$Д_{30}$ типа Д7А.

Настройка платы II. Сначала проверяют работу стабилизатора скорости. К контакту *68* подключают +12 *в*, а к контакту *66* —12 *в*. Между контактами *63* и *64* включают электродвигатель ДП1-26ЦР. На вале этого электродвигателя закрепляют стробоскопический диск, изготовленный из ватмана (рис. 51).

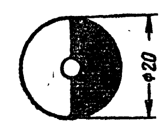


Рис. 51. Конструкция стробоскопического диска.

Подключают к контакту *34* выход импульсного генератора и устанавливают длительность отрицательного импульса 1 *мсек*, а частоту следования 10 *гц*, измеряют скорость вращения электродвигателя, освещая стробоскопический диск импульсным источником света. В простейшем случае это может быть неоновая лампочка, питаемая от звукового генератора. Скорость вращения электродвигателя должна быть не менее 5 000 *об/мин*. После этого постепенно уменьшают период следования импульсов до момента снижения оборотов электродвигателя. Период T_1 следования импульсов должен быть равен 15 *мсек*. В случае отклонения этого периода от указанной величины необходимо подобрать сопротивление резисторов R_{69} и R_{76}, причем для уменьшения периода необходимо уменьшать сопротивления указанных резисторов, а для увеличения — увеличивать.

Поставив временные перемычки между контактами *35*, *36* и *37*, *38* (увеличив постоянную времени времязадающих цепочек вдвое), проводят аналогичную проверку для меньшей скорости движения ленты (период T_2 следования импульсов от генератора в этом случае должен быть равен 30 *мсек*). В случае отклонения замеренного периода от указанного необходимо подобрать емкости конденсаторов C_{41} и C_{46}.

Для настройки генератора стирания и подмагничивания подают +12 *в* на контакт *40* и —12 *в* на контакт *74*. Подсоединяют стирающую головку к контактам *41*, *42* и *74*. Подключив осциллограф поочередно к каждой головке, измеряют напряжения стирания, оно должно быть не менее 50 *в*. Затем измеряют частоту генератора стирания и подмагничивания. Она должна быть равна 70 *кгц*. При отклонении частоты генерации от 70 *кгц* необходимо подобрать емкость конденсатора C_{48}. Одновременно оценивают несимметричность формы напряжения, подаваемого на стирающие головки. Улучшить форму этого напряжения можно путем подбора сопротивлений резисторов R_{85} и R_{86}.

При настройке цепей запуска соленоидов подбирают длительность запускающих импульсов (по уровню 0,5), которая должна быть около 0,1 *сек*. При больших отклонениях длительности подбирают емкость конденсатора C_{63}.

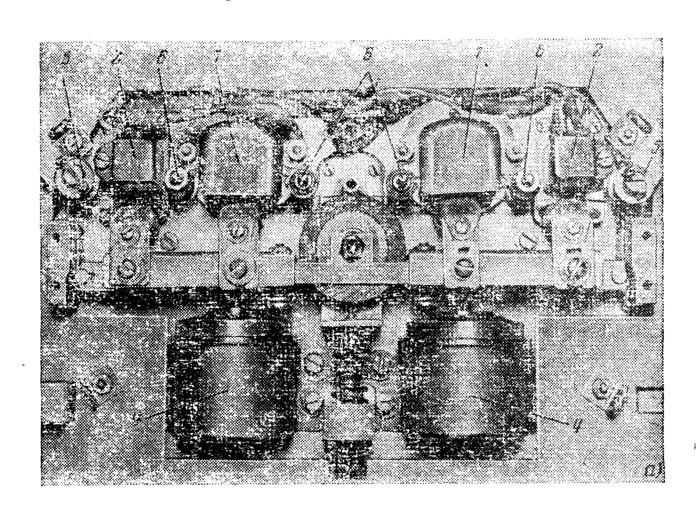
Плата III. Эта плата выполнена в виде центрального узла (рис. 52, *а* и *б*).

На плате установлены:

две универсальные головки *1* от магнитофона «Яуза-10»;
две стирающие головки *2* от магнитофона «Яуза-10»;
ведущий электродвигатель *3* типа ДП1-26ЦР в экране;
два соленоида *4* механизма прижимного ролика;

две боковые контактные колонки *5*;
четыре направляющие колонки *6*.

Универсальные головки укрепляются на специальных основаниях, которые в свою очередь с помощью пружинной подвески устанавливаются на плате. Аналогично осуществляется крепление стирающих головок. Такое крепление позволяет быстро и легко осуществить



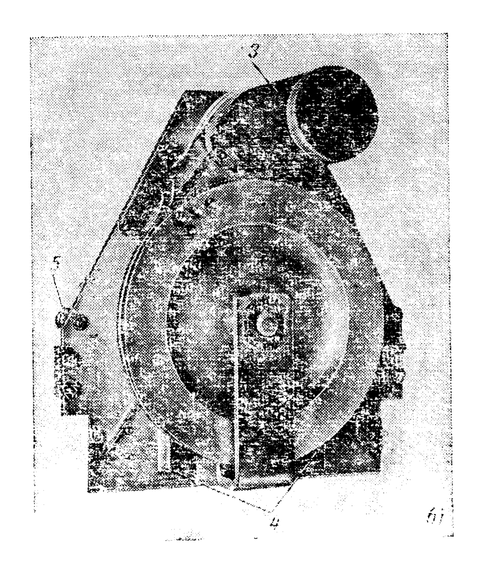


Рис. 52. Внешний вид центрального узла (*сверху и снизу*).

юстировку положения рабочих щелей магнитных головок. Соединение универсальных головок с платой I осуществляется с помощью высокочастотного коаксиального кабеля. В рассматриваемой конструкции применен кабель типа РК-19.

Ведущий электродвигатель $ЭД_1$ подвергается переделке, как об этом говорилось в разделе «Макетирование» (см. рис. 21). На нем укрепляется датчик L_6. Выводы катушки датчика припаивают к контактной колодке электродвигателя. Параллельно выводам якоря электродвигателя подключают конденсатор C_{73}, служащий для подавления импульсных помех от электродвигателя.

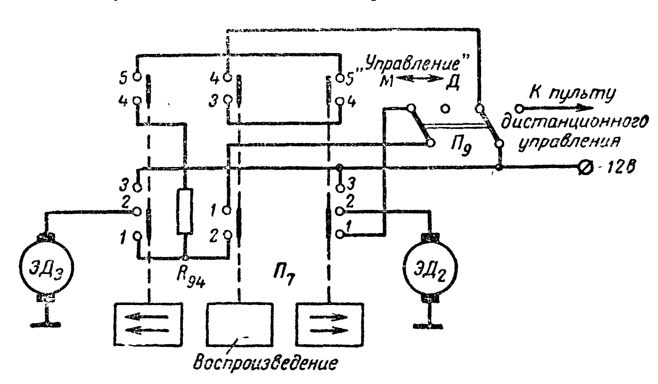


Рис. 53. Схема питания боковых электродвигателей.

Конструкция соленоидов и их моточные данные приведены ниже. Конденсатор C_{73} типа КЛС. Универсальные и стирающие головки применены от магнитофона «Яуза-10». Катушка датчика состоит из 300 витков провода ПЭВ-1 0,07. Катушка намотана на сердечнике, набранном из трех пермаллоевых пластин размером 13×3,5×0,5 *мм* каждая. Пластины склеены клеем БФ-2 и согнуты, как показано на рис. 21. Катушка наматывается на сердечник, и вся конструкция помещается в лунке статора, где размещались щетки центробежного регулятора.

Электрической настройки центрального узла не требуется. Необходимо лишь проверить амплитуду импульсов с датчика при номинальной скорости ведущего двигателя, она должна быть не менее 0,1 *в* при 5 000 *об/мин* электродвигателя.

Плата IV и V. На платах IV и V установлены соответственно электродвигатели $ЭД_2$ и $ЭД_3$. Платы выполнены идентично. Параллельно электродвигателям подключено по два конденсатора. Электролитические конденсаторы C_{67} и C_{69} типа ЭТО-1 предназначены для фильтрации низкочастотных помех от электродвигателей. Конденсаторы C_{68} и C_{70} типа КЛС предназначены для фильтрации высокочастотных составляющих помех от электродвигателей.

Принципиальная схема цепей подключения электродвигателей в режимах «запись» и «воспроизведение» показана на рис. 49. В режиме «ускоренная перемотка» к электродвигателям подводится напряжение питания, как показано на рис. 53. В режиме «стоп»

(кнопки «⇆», «В» и «⇉» расфиксированы) торможение электродвигателей осуществляется электрическим путем. Электродвигатели включены параллельно, что приводит к сильному электрическому демпфированию при переходе от ускоренной перемотки к торможению. Для усиления тормозного момента к электродвигателям подводится через резистор R_{94} напряжение от источника питания. Принцип торможения ленты аналогичен и при переходе от режима «запись — воспроизведение» к режиму «стоп».

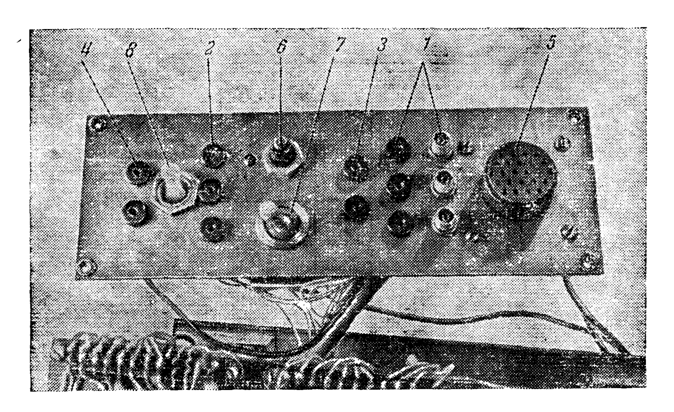


Рис. 54. Внешний вид платы связи.

Плата VI. Плата содержит мостовую схему выпрямления на диодах $Д_{31}$—$Д_{34}$ типа Д9, конденсатор фильтра C_{72} типа КЛС для устранения проникновения на индикатор высокочастотного напряжения от генератора стирания и конденсатор фильтра C_{71} типа ЭТО-1, который вместе с резистором R_{105} типа МЛТ-0,25 необходим для фильтрации переменной составляющей низкой частоты на выходе мостовой схемы. Схема включения индикатора показана на рис. 13.

Элементы схемы, относящиеся к индикатору, размещаются на гетинаксовой плате размером 50×50×1 *мм*, которая крепится к корпусу микроамперметра гайками токоподводов.

Плата VII. Панель платы выполнена из дюралюминия размером 157×50×1 *мм*. Панель в сборе показана на рис. 54. На ней установлены 13 малогабаритных гнезд *1—4*, один 24-контактный штепсельный разъем *5*, регулятор стереобаланса *6*, выключатель громкоговорителя *8* и переключатель с местного на дистанционное управление *7*.

Жгут межблочных соединений непосредственно распаивается на выводах элементов платы VII.

Все описанные выше платы крепятся к основной панели магнитофона VIII. Кроме них на этой панели размещены органы управления (рис. 44). Переключения магнитофона с режима «моно» на «стерео» и скорости движения магнитной ленты с 9,53 на 4,76 *см/сек* осуществляется одним переключателем $П_1$ на четыре положения, коммутирующим шесть цепей. Крепление этого переключателя и регуля-

тора уровня записи — воспроизведения осуществляется с помощью дюралюминиевых уголков таким образом, чтобы оси переключателя и регулятора были расположены параллельно основной панели. В качестве переключателя рода работ $П_7$ используется шестиклавишный переключатель от промышленного телевизора «Темп». С клавиш удаляются надписи сначала напильником, а затем наждачной бумагой. После этого клавиши полируются. Вместо двух раздельных фиксаторов устанавливается один общий, изготовленный из листовой стали толщиной 0,8 *мм*, либо оба фиксатора соединяются вместе стальной пластинкой толщиной 1—1,5 *мм*.

Назначение отдельных групп контактов переключателя $П_7$ описано при рассмотрении соответствующих частей схемы магнитофона. Кнопочные переключатели $П_2$—$П_6$ представляют собой микропереключатели типа МП-7. Крепление микропереключателей осуществлено с помощью дюралюминиевых уголков. Давление на толкатели микропереключателей передается через плоские пружины с наклеенными на них с лицевой стороны декоративными планками из белого полистирола или органического стекла.

Монтаж магнитофона производится гибким монтажным проводом. Цепи, отмеченные условным знаком на схеме, ведутся экранированным проводом. Во избежание проникновения помех от электродвигателей и коммутационных элементов во входные цепи усилителей шины питания, шины заземления предварительных усилителей, шины питания коммутационной части, стабилизатора скорости и генератора стирания следует вести раздельно. Соединение шины заземления с основной панелью магнитофона должно проводиться в одной точке в непосредственной близости от магнитных головок.

По окончании монтажных работ необходимо тщательно проверить все цепи и только после этого приступать к общему налаживанию магнитофона.

ЛЕНТОПРОТЯЖНЫЙ МЕХАНИЗМ

Весь лентопротяжный механизм можно разбить на несколько конструктивно законченных узлов:

центральный узел, состоящий из ведущего узла и узла прижима ленты;

приемно-подающие узлы;

основную панель, на которой крепятся все узлы и платы магнитофона (к ней можно также отнести декоративные крышки блока головок и фальш-панель).

Ведущий узел. Конструкция ведущего узла показана на рис. 55. Вращение шкива *7*, насаженного на вал электродвигателя $ЭД_1$, с помощью пассика *3* передается на шкив *13*, являющийся маховиком ведущего вала *2*. Ведущий вал свободно вращается в двух шариковых подшипниках *10*, укрепленных в несущей скобе *12*. Скоба *12* четырьмя винтами М3×8 крепится к плате центрального узла *1*. Крепление электродвигателя к плате осуществляется с помощью стакана *6* через амортизирующие прокладки *4*, изготовленные из мягкой резины. Для уменьшения наводимых на головки помех электродвигатель помещен в экран *8*. Между электродвигателем и экраном для снижения акустического шума электродвигателя проложена губчатая резина *9*. На рис. 56, *а, б* показаны отдельные детали ведущего узла. Плату *1* изготовляют из дюралюминия толщиной 3 *мм*. Веду-

щий вал *2* вытачивают из стали марки ХВГ. После проточки вал закаливают до *HRC*=60 и шлифуют в центрах. Шкив *13*, являющийся маховиком, изготовляют из стали 45. После изготовления маховик цинкуют (кроме отверстия ∅ 8П). Затем запрессовывают ведущий вал *2* в отверстие маховика *13*.

Величину биений маховика, абсолютно недопустимых в переносных конструкциях, контролируют следующим образом. Вставляют вал в центр, а край маховика подводят к фокальной плоскости объектива, проецирующего это изображение на экран. Для этой цели

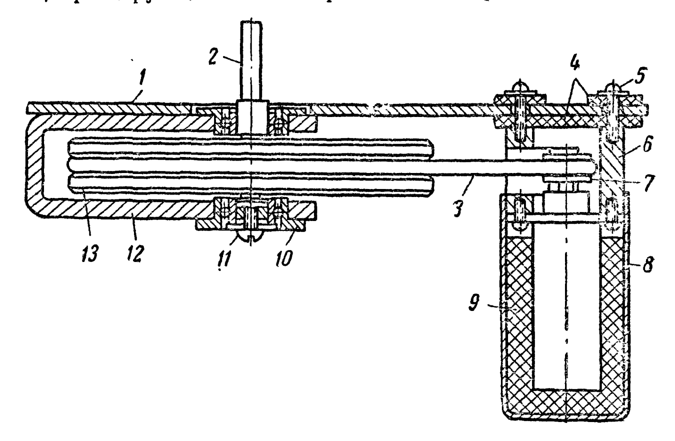


Рис. 55. Конструкция ведущего узла

можно использовать обычный диапроектор. Схема установки для проверки биений показана на рис. 57. Она состоит из отражателя *1*, лампы проектора *2*, ведущего вала с маховиком *3*, объектива *4* и экрана *5*. Аналогично можно проверить и качество изготовления ведущего вала после сборки всего узла. После этого проверяют динамическую балансировку маховика. Из-за наличия неоднородностей возможна разбалансировка маховика. Для ее устранения производят сверловку по краю маховика сверлом диаметром 2,5—3 *мм* и вновь проверяют балансировку. Так повторяют до тех пор, пока разбаланс не будет устранен. Для точного определения баланса маховика центры, в которых закреплен ведущий вал, устанавливают на вибрирующем основании. Это позволяет исключить статическое трение, образующееся между центрами и ведущим валом.

Пассик *3* применен готовый диаметром 3 *мм*, внешний его диаметр равен 135 *мм*. Резиновые прокладки *4* сделаны из пористой резины, их размеры подгоняют по месту. Крепление стакана *6* к плате *1* осуществляется четырьмя винтами *5* М2×10. Стакан *6* изготовляют из дюралюминия, после чего анодируют. Шкив *7* вытачивают из стали 45 и затем цинкуют. Экран *8* изготовляют из стали армко толщиной 1 *мм*. Можно применить еще дополнительный экран из листовой латуни толщиной 0,3—0,5 *мм*. Акустический экран *9* выполняют из губчатой резины толщиной 6 *мм*. В ведущем узле применены два шарикоподшипника *10* фланцевого типа с внутренним диаметром 5 и внешним 13 *мм*. Винт *11* М2,5×4 служит для креп-

ления вала. Скобу *12* изготовляют из дюралюминия. Необходимо обеспечить соосность верхнего и нижнего отверстий.

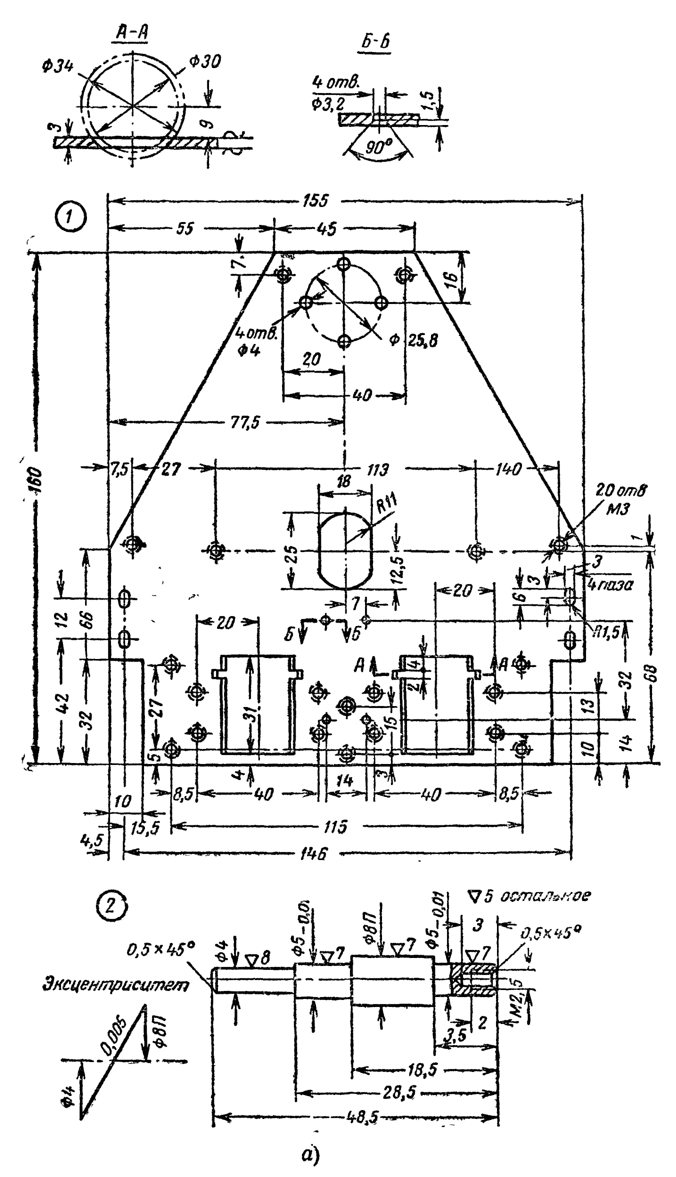
При сборке необходимо обратить внимание на то, чтобы проточки для пассика маховика и ведущего шкива электродвигателя находились на одном уровне относительно платы. Для уменьшения шума подшипники необходимо смазать и прикрыть сальниками из нескольких слоев ткани для предохранения от пыли.

Узел прижима ленты. Конструкция узла показана на рис. 52. Он состоит из прижимного ролика, соленоидов, планки с фиксаторами, упора, универсальных головок, стирающих головок, контактных и направляющих колонок и лентоприжимов.

Конструкция прижимного ролика и чертежи отдельных деталей приведены на рис. 58. На скобе *1*, изготовленной из листовой стали 45 толщиной 1 *мм*, укреплен прижимный ролик. Он состоит из латунной втулки *2*, на которую напрессовано кольцо вакуумной резины *3*. Во втулку запрессовываются два шариковых подшипника *5* размером 10×3×5. Установка ролика на скобе осуществляется с помощью стальной оси *4* (сталь 45). После сборки прижимный ролик необходимо прошлифовать. Скоба *1* с помощью двух пружин *6*, изготовленных из проволоки ОВС, и двух винтов *7* М2,5×18 крепится к основной планке *8*. Планка выполнена из листовой стали 45 толщиной 1 *мм*. После слесарной обработки скобу *1* и планку *8* цинкуют. Для уменьшения шума подшипников их смазывают машинным маслом и для предохранения от пыли закрывают тонкими листами из фторопласта или другого подходящего материала.

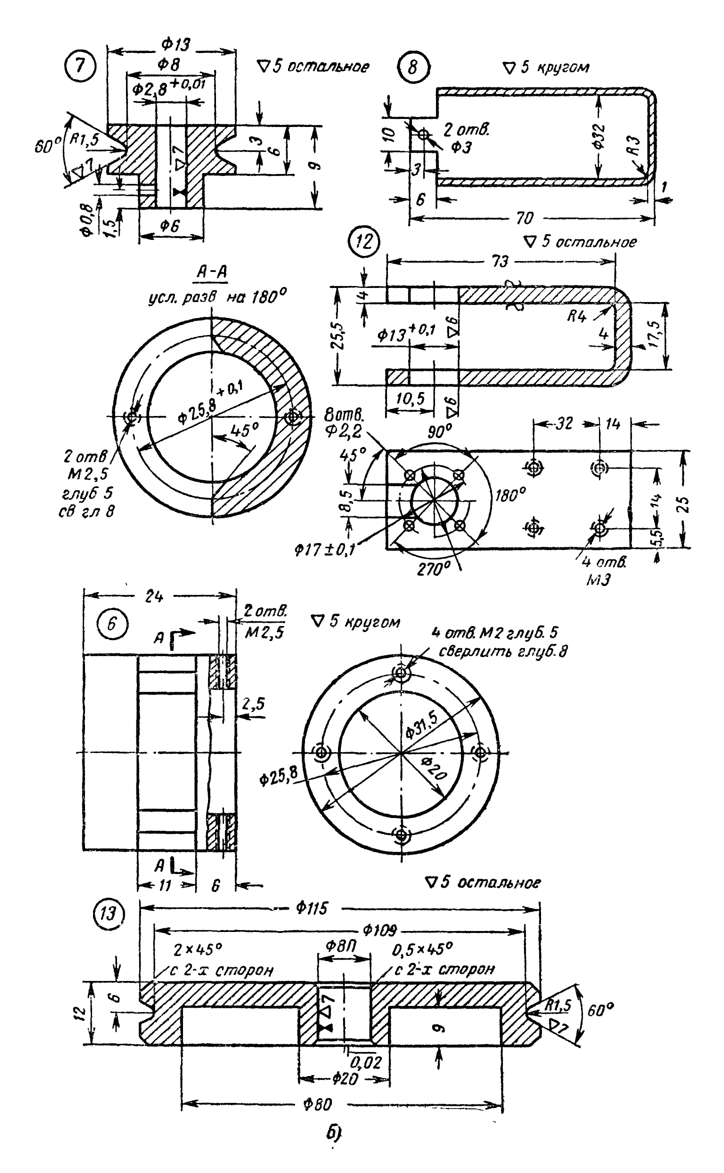
Конструкция соленоида и чертежи основных деталей показаны на рис. 59. Корпус *1* соленоида вытачивают из отожженной стали армко, после чего цинкуют. В корпус вставляется направляющий латунный стакан *2*. Конус *5* из отожженной стали армко запрессовывают в направляющий стакан *2* и привинчивают к корпусу соленоида винтом *4* М2×4. На направляющий стакан *2* наматывают катушку *3* соленоида, которая состоит из 500 витков провода ПЭВ-1 0,49. После установки стакана с катушкой в корпусе с передней стороны накладывают диск *7*, изготовленный из стали 20, и развальцовывают края корпуса. Якорь *6* соленоида вытачивают из отожженной стали армко. К нему с помощью штифта прикрепляют тягу *8*, изготовленную из стали 45. Выводы обмотки проходят через отверстие в диске *7*.

Конструкция узла фиксации и чертежи основных деталей приведены на рис. 60. На основной плате центрального узла с помощью четырех винтов *10* М2,5×10 *мм* установлены две стойки фиксатора *1*. Стойки изготовляют из стали 45, закаленной до $HRC=45$. Перед установкой фиксаторов на плате с помощью разметочного штангенциркуля наносят через 1 *мм* ряд линий, параллельных нижней (по чертежу) кромке платы. Эти линии понадобятся для настройки центрального узла. Отверстия в плате под винты *10* сделаны в виде пазов для регулирования положения стоек. В канавку стойки вдавливается с помощью пружины *4* изготовленной из проволоки ОВС, подшипник *8* с размерами 6×2 *мм*. Подшипник укреплен в скобе *7*, изготовленной из листовой оцинкованной стали 45, с помощью штифта *2*, выточенного из закаленной до $HRC=45$ стали 45. Упор *3* изготовляют из стали 45 и затем цинкуют. Он крепится к планке механизма прижимного ролика двумя винтами М2×5. Регулировку давления подшипника на стройку осуществляют с помощью винта *6* М4×8. Положение винта *6* фиксируется



а)

Рис. 56. Основные де



б)

тали ведущего узла.

контровочным винтом *5* М2×3. Поскольку стойки испытывают ударное воздействие со стороны подшипника, то крепящие их винты *10* фиксируют гровер-шайбами *9*.

Конструкция упора показана на рис. 61. На основной плате центрального узла с помощью двух винтов *7* М3×6 установлен упор *3*. Упор изготовляют из стали 45 с последующим цинкованием. В основную планку прижимного ролика ввинчивают упор *9*, выточенный из оцинкованной стали 45. Затем на упорный винт *2* М4×32 навинчивают фиксирующую гайку *4* М4. Винт *2* вставляют в упор *3* и последовательно на него надевают пружину *5* из проволоки ОВС, гайку *6* и контргайку *8* и пружину *1* из проволоки ОВС. Настройку этого узла проводят после сборки всего центрального узла.

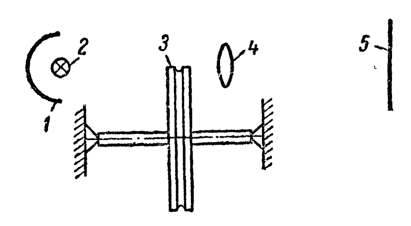


Рис. 57. Схема установки для проверки биений.

На рис. 62, *а* показан узел крепления универсальной магнитной головки и чертежи деталей. На плате *1*, изготовленной из листовой оцинкованной стали 45, с помощью двух винтов *4* М2×5 укреплена универсальная головка. Плата *1* с закрепленной головкой устанавливается на основной плате центрального узла с помощью трех винтов *3* М2×10 и трех пружин *2* из проволоки ОВС.

Крепление стирающей головки показано на рис. 62, *б*. С помощью скобы *1*, изготовленной из листовой оцинкованной стали 45, втулки *3* из дюралюминия и винта *2* М2,5×16 стирающая головка крепится к плате *4* (листовая оцинкованная сталь 45). С помощью пружинной подвески, состоящей из трех пружин *5* (проволока ОВС) и трех винтов *6* М2×10, плата *4* со стирающей головкой укрепляется на основной плате центрального узла. Настройка узлов крепления головок проводится после сборки всего центрального узла.

Конструкция контактной колонки показана на рис. 63. На стальную шпильку *7* надевают текстолитовую втулку *3*, гетинаксовую шайбу *4*, две латунные втулки *2*, два луженых латунных лепестка *5*, две гетинаксовые шайбы *1*, после чего завинчивают гайки *6* М3. Особое внимание необходимо обратить на выдерживание основного размера 6,25+0,1 *мм*. Собранную контактную колонку ввинчивают в основную плату центрального узла и контрят снизу гайкой М3.

Конструкция направляющей колонки показана на рис. 64. На шпильку М3×40 навинчивают колонку, выточенную из латуни.

Конструкция лентоприжимов приведена на рис. 65. На латунный кронштейн *1* приклепывают бонку *2* с внутренним диаметром М2. Подушку *3* изготовляют из мягкой резины и с помощью тефлоновой прокладки *4* толщиной 0,1 *мм* и двух винтов М2×3 укрепляют на кронштейне. При сборке необходимо обратить внимание на то, чтобы тефлон был везде натянут и не образовывал складок. Лентоприжимы крепятся с помощью винтов М2,5×5 к основной планке центрального узла. Для регулировки положения лентоприжимов в кронштейнах *1* сделаны пазы.

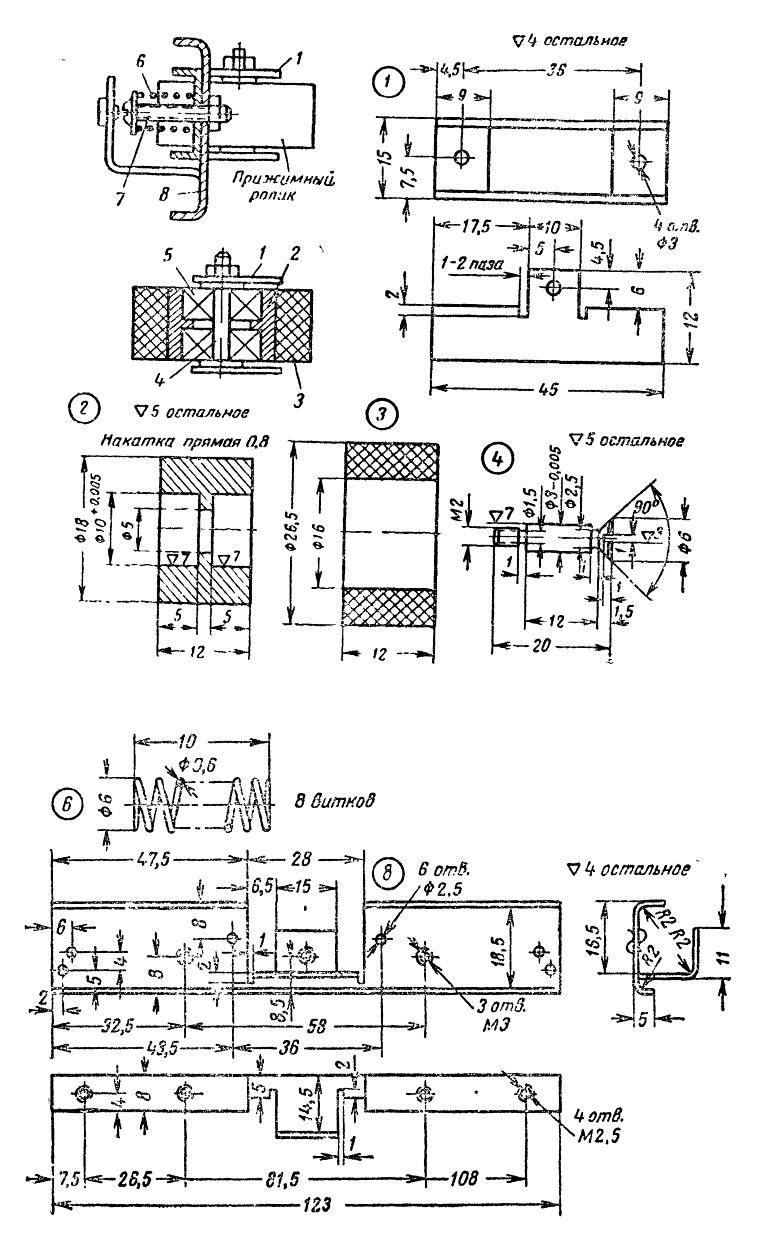


Рис. 58. Конструкция прижимного ролика.

На плате центрального узла снизу устанавливают монтажные планки, на которые распаивают концы стирающих головок, соленоидов и контактных колонок. Универсальные головки подключают непосредственно к усилительной плате I с помощью отрезков коаксиального кабеля РК-19. Общую сборку центрального узла производят согласно рис. 52.

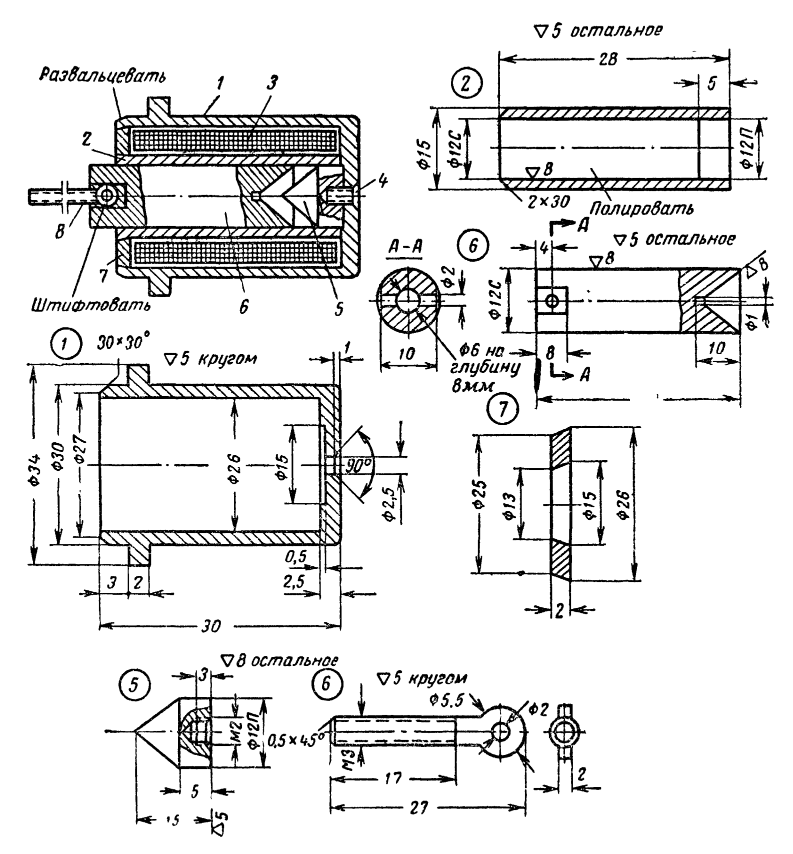


Рис. 59. Конструкция соленоида.

Настройку центрального узла после сборки осуществляют следующим образом. Устанавливают точно на одной разметочной линии две стойки фиксатора *1* (параллельно друг другу). С помощью винтов *6* в узле фиксации (рис. 60) подбирают необходимое давление подшипников *8* на стойки *1*. Давление это должно быть несколько больше величины, необходимой для удержания основной планки *8* (рис. 58) в исходном состоянии. При этом зазор между прижимным роликом и ведущим валом должен оказаться равным

2—4 *мм*. В исходном состоянии центральный упорный винт *2* (рис. 61) должен касаться своим острием упора *9*. Требуемое положение винта *2* устанавливают вращением гайки *4*, после чего эту гайку необходимо законтрить. В исходном состоянии основной планки проводят установку гаек *6* и *8* этого же узла. Вращают

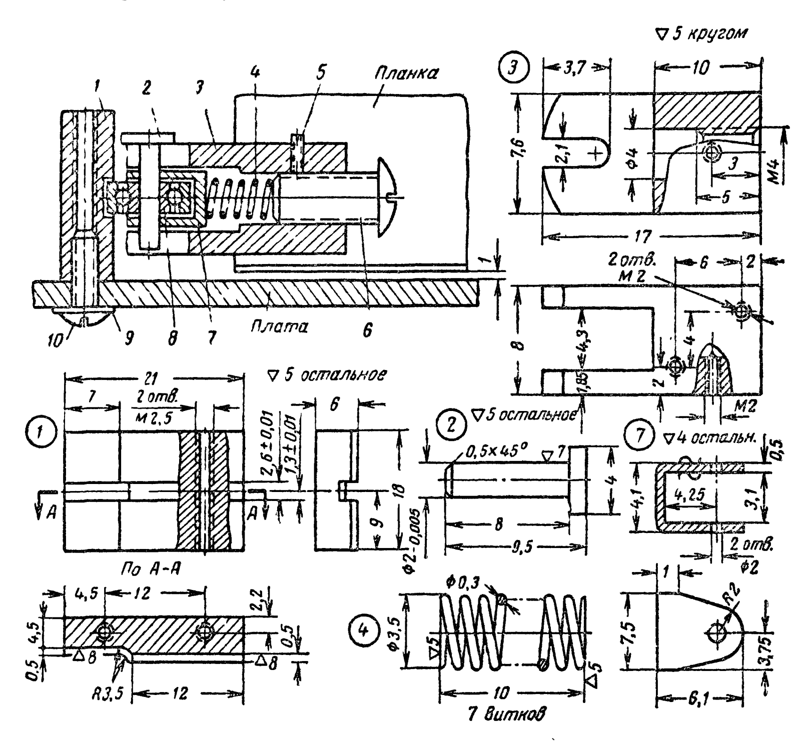


Рис. 60. Конструкция узла фиксации.

гайку *6* до соприкосновения с пружиной *5* и слабого ее сжатия. Это положение гайки фиксируют контргайкой *8*.

Затем проводят регулировку тяг *8* соленоидов (рис. 59). Вращают якори *6* с тягами *8* и добиваются такого положения, при котором якори *6* соленоидов выдвинуты относительно статоров на 1,5 *мм*. После этого положение тяг фиксируют контргайками.

После подачи импульса длительностью 0,1 *сек* на один из соленоидов должен выбрасываться к головкам противоположный от соленоида конец планки. После подачи импульса на оба соленоида планка должна возвратиться в исходное положение, при котором подшипники *8* (рис. 60) западают в стойки фиксатора. Аналогичную проверку проводят и с другим соленоидом.

Заканчивают настройку центрального узла установкой контактных и направляющих колонок. Нижняя кромка ленты должна про-

ходить на расстоянии 10 *мм* от поверхности основной платы центрального узла. Величина прижима ленты к головкам регулируется изменением положения кронштейнов лентоприжимов.

Приемно-подающий узел. Конструкция приемно-подающего узла показана на рис. 66. Вращение шкива *8*, насаженного на вал электродвигателя, с помощью пассика *7* передается на шкив *6*. На

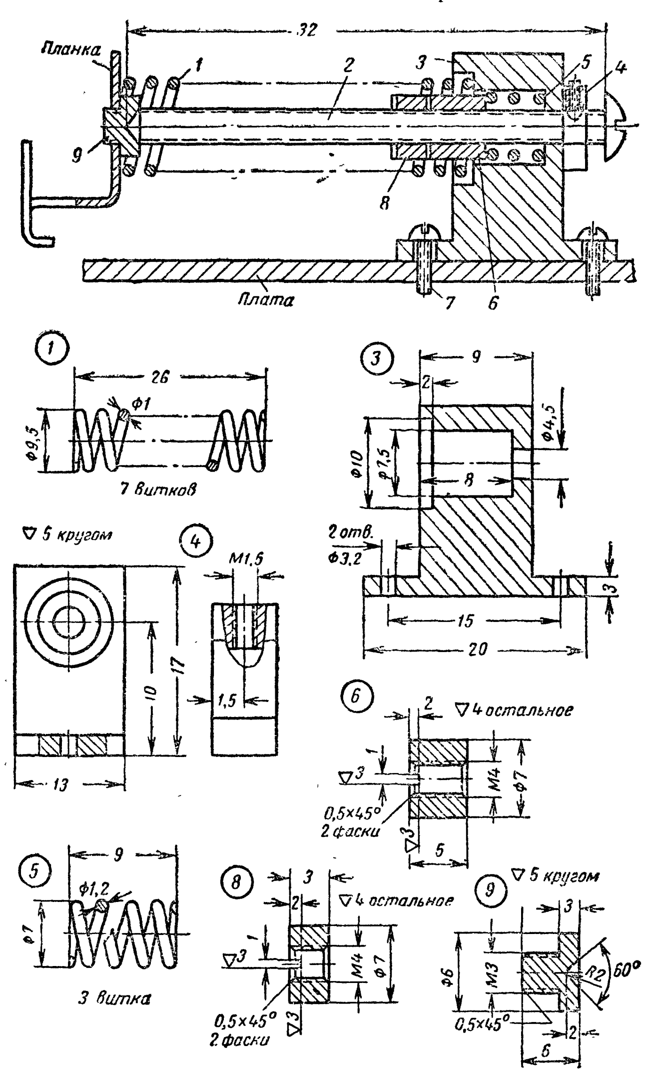


Рис. 61. Конструкция узла упора.

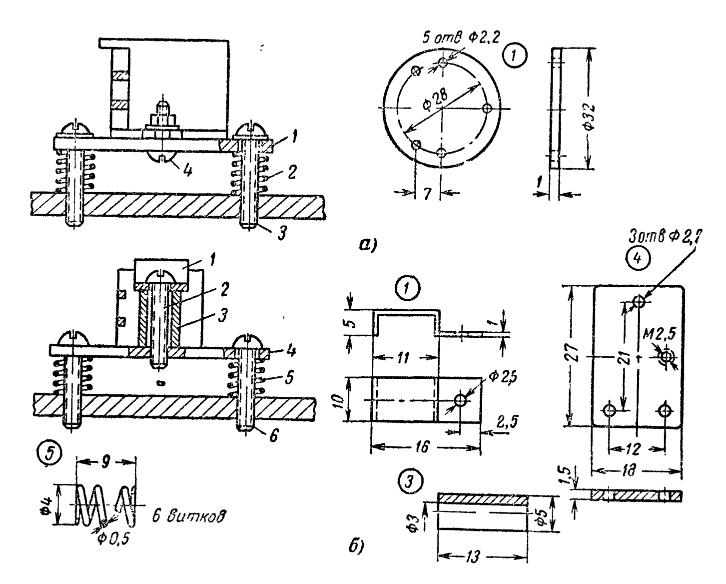


Рис. 62. Крепление магнитных головок.

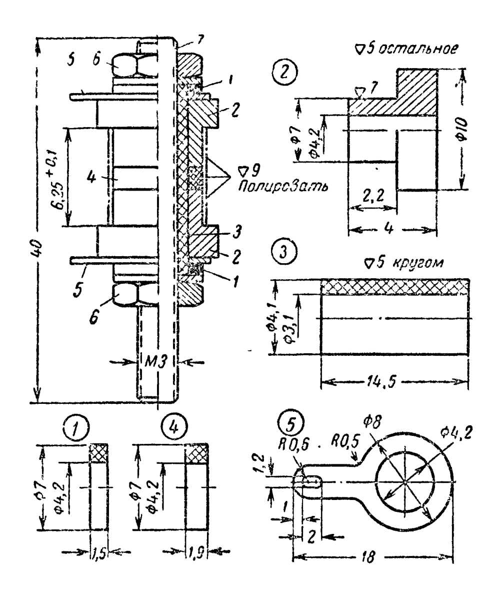


Рис. 63. Конструкция контактной колонки.

шкиве *6* укреплена тремя винтами М2×4 ось *3* и двумя винтами *16* диск *1*. Ось *3* вращается в двух фланцевых подшипниках *15*, установленных на плате *11* с помощью четырех винтов *12*. Электродвигатель крепится двумя витами *10*. Плата *11* в свою очередь крепится к основной панели магнитофона тремя винтами *17* через распорные втулки *18*.

Диск *1* изготовляют из стали 45 и затем с лицевой стороны хромируют. Пробку *2* и ось *3* вытачивают из стали 45. В ось *3* вставляют стальной шарик *4*, пружину и запрессовывают пробку *2*. Шайбы *5* и *9* изготовляют из оцинкованной стали 20. Шкивы *6* и *8* вытачивают из стали 45 с последующим цинкованием или из текстолита. Внешний диаметр пассика *7* равен 80 *мм*, диаметр резины 2,5 *мм*. Винты *10* крепления электродвигателя М2,5×10. Плату *11* узла изготовляют из листового дюралюминия толщиной 3 *мм*. Винты крепления подшипников *12* М2×10. Винтом *14* М2,5×5 крепят ось *3* в подшипниках *15*. Шайба *13* упирается во внутреннее кольцо нижнего подшипника. Точно такая же шайба проложена между внутренними кольцами верхнего и нижнего под-

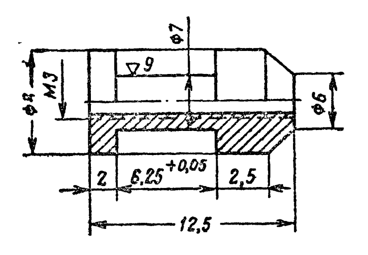


Рис. 64. Конструкция направляющей колонки.

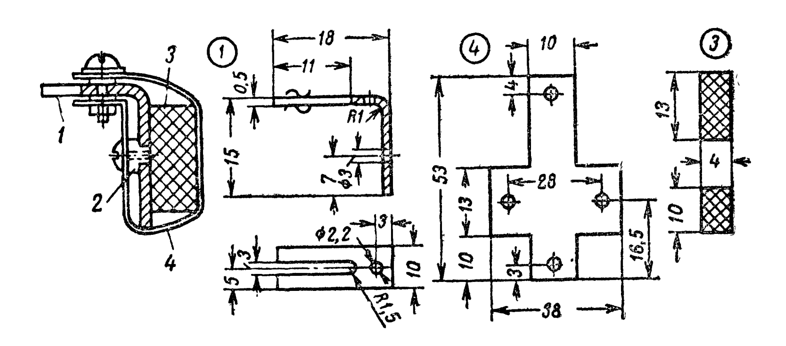


Рис. 65. Конструкция лентоприжима.

шипников. Фланцевые шарикоподшипники *15* размером 13×5. Винты *16* М3×10, винты *17* — М3×14. Распорные втулки *18* вытачивают из текстолита. Регулировка узла сводится к оптимальному натяжению винта *14*, проверке люфта и биений оси *3* и диска *1*.

Для уменьшения шума подшипники *15* смазывают тавотом, а затем закрывают снизу сальником из нескольких слоев ткани для предохранения подшипников от загрязнения.

Панели магнитофона. На рис. 67 приведен чертеж основной панели магнитофона, изготовленной из листового дюралюминия толщиной 2 *мм*. На рис. 68, 69, 70 приведены чертежи облицовочных

панелей. Фальшь-панель (рис. 68) и крышку блока питания (рис. 69) изготовляют из листового дюралюминия толщиной 1 *мм*, покрывают светло-серой эмалевой краской и гравируют.

Крышки блока головок (рис. 70, *а* изготовляют из листового дюралюминия толщиной 1 *мм*, покрывают темно-серой эмалевой краской.

Панель связи изготовляют из листового дюралюминия толщиной 1,5 *мм* согласно рис. 71.

Настройка лентопротяжного механизма сводится к регулировке уровней приемно-подающих узлов, центрального узла относительно поверхности фальшь-панели. Зазор между дисками приемно-подающих узлов и фальшь-панелью должен быть равен 0,5 *мм*. Нижний край ленты должен проходить на уровне 3 *мм* от поверхности фальшь-панели, после чего регулируют степень прижатия магнитной ленты к головкам лентоприжимами таким образом, чтобы, с одной стороны, лента хорошо прилегала к головкам, а с другой — протягивалась прижимным роликом без проскальзывания. Окончательно положение кронштейнов лентоприжимов фиксируют винтами с гровер-шайбами.

КОРПУС

Корпус магнитофона изготовляют из многослойной фанеры толщиной 5 *мм*. Внешний вид корпуса показан на рис. 72. В углах ящика листы фанеры закрепляют деревянными стойками с пазами. Все соединения выполняют с помощью казеинового клея и шурупов. Такая конструкция корпуса является довольно простой и надежной. В боковых стенках делают вырезы под громкоговоритель и боковую панель связи. В ящике предусматривают отсек для кассеты питания, отгороженный от основной части корпуса перегородкой из фанеры толщиной 5 *мм*.

Деревянный корпус помещают в кожаный чемодан, являющийся декоративным внешним оформлением магнитофона. На левой боковой стенке корпуса крепят шурупами громкоговоритель типа 1ГД-18.

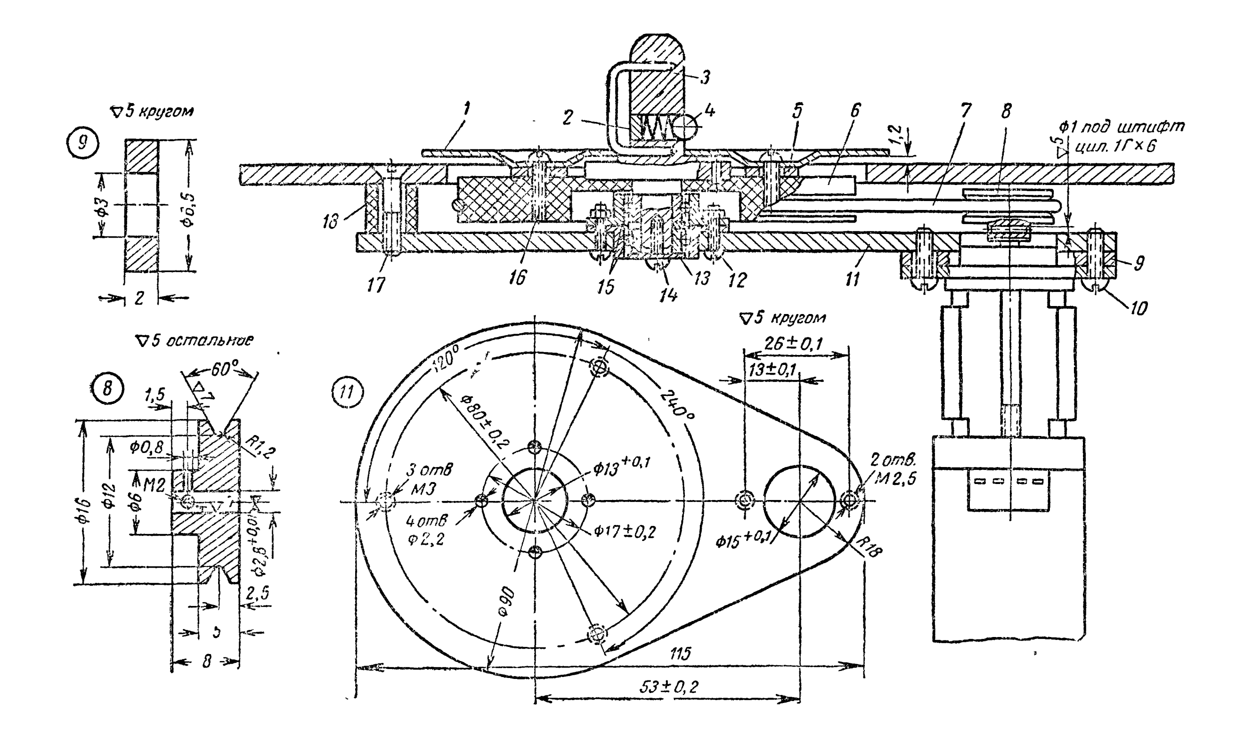
Кассету питания закрывают сверху отдельной декоративной крышкой, под которой хранится шнур для включения в электросеть и соединительные шнуры.

ОБЩАЯ СБОРКА И МОНТАЖ

После изготовления все узлы крепят на основной панели магнитофона. Вид на панель снизу после сборки показан на рис. 73.

Крепление платы усилителей *1* и платы стабилизатора скорости, генератора стирания и подмагничивания и коммутации *6* осуществляется с помощью стоек *3*. В центре расположен центральный узел *9*, относительно которого симметрично расположены правый *2* и левый *5* приемно-подающие узлы. На плате справа виден переключатель $П_1$ *7* и переключатель $П_7$ *8*. Слева на плате расположены кнопки $П_2$—$П_5$ *10*, регулятор громкости R_1—R_2 *11* и панель связи *12*.

Монтаж производят мягким многожильным монтажным проводом МГШВ 0,2, а экранированные цепи проводом марки



▽5 кругом
9
ф3
ф6,5
2
▽5 остальное
8
60°
▽7
1,5
R1,2
ф0,8
M2
ф16
ф12
ф6
ф2,8+0,01
2,5
5
8
1
2
3
4
5
6
7
8
1,2
ф1 под штифт цил. 1Г×6
▽5
18
16
17
15
14
13
12
11
9
10
▽5 кругом
11
120°
240°
ф80±0,2
ф13+0,1
ф17±0,2
3 отв M3
4 отв ф2,2
ф90
26±0,1
13±0,1
2 отв. M2,5
ф15+0,1
R18
115
53±0,2

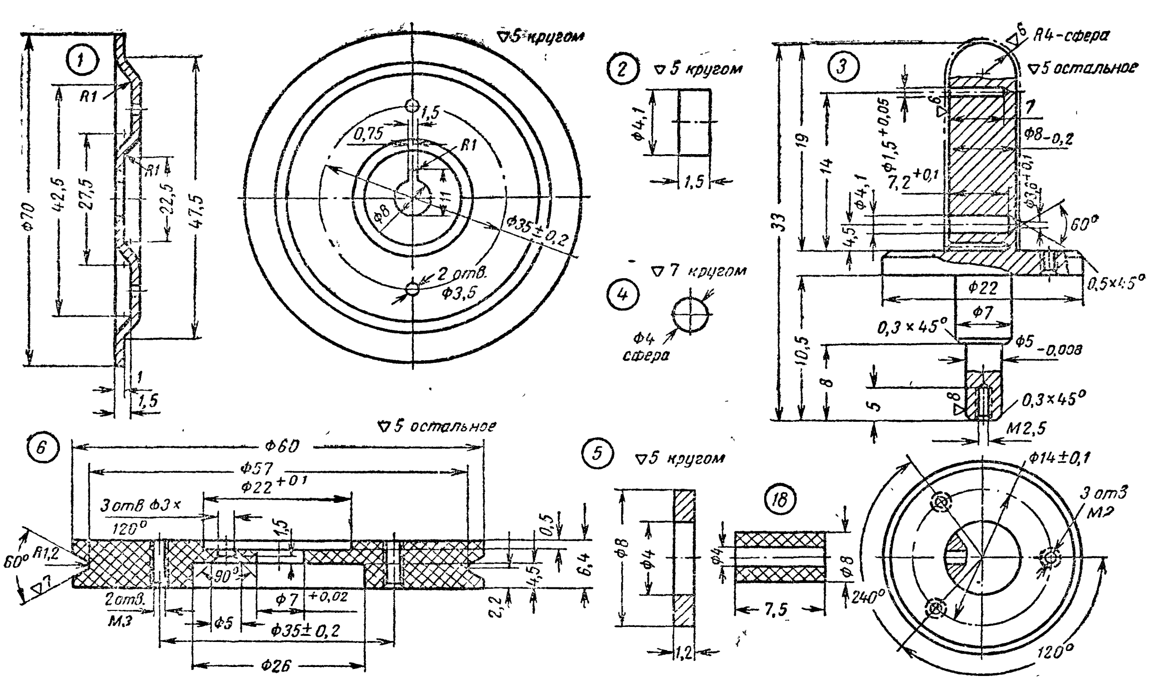


Рис. 66. Конструкция приемно-падающего узла.

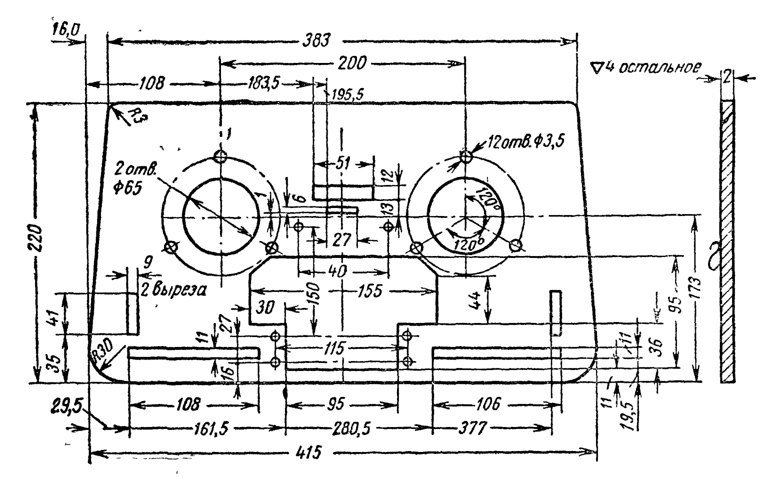


Рис. 67. Основная панель магнитофона.

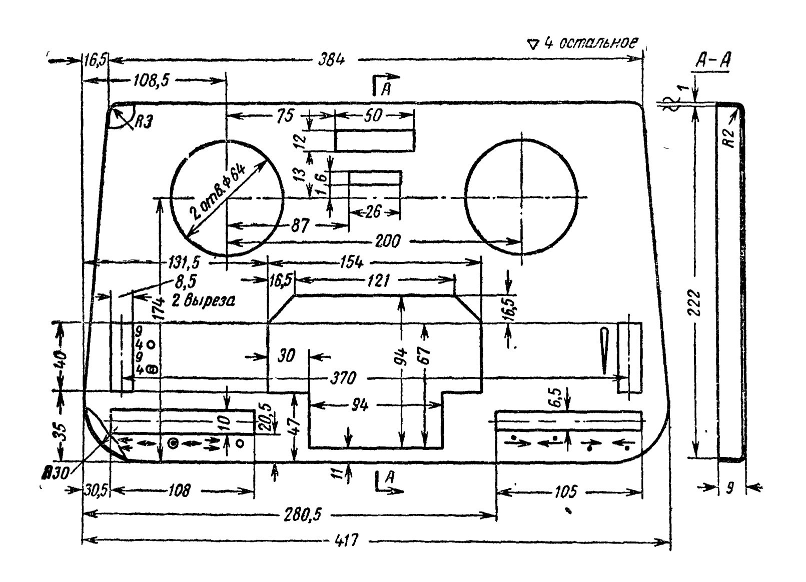


Рис. 68. Конструкция фальш-панели.

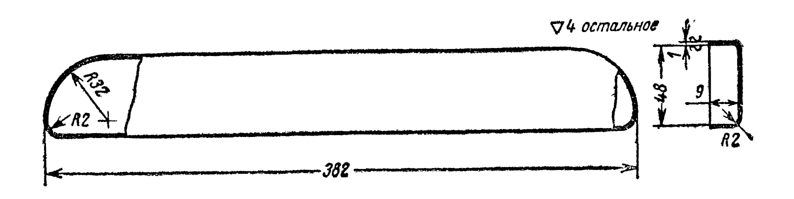
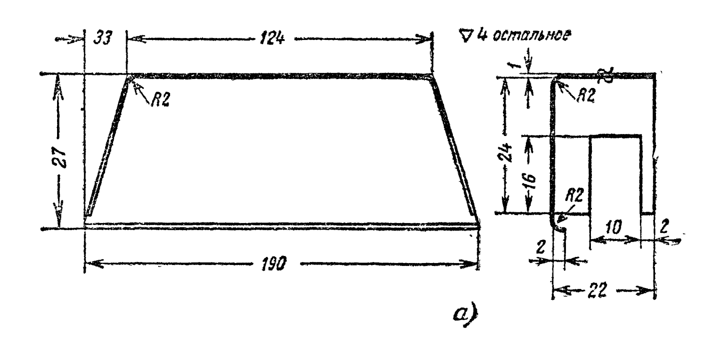


Рис. 69. Конструкция крышки блока питания.



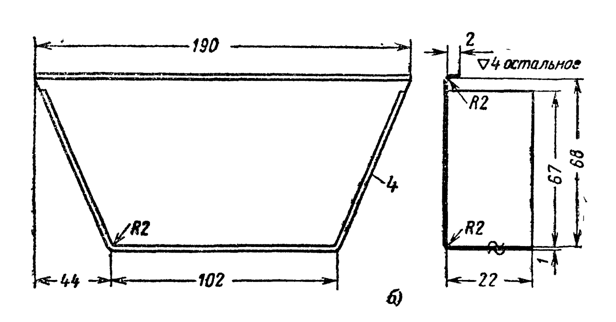


Рис. 70. Конструкция крышки блока головок.

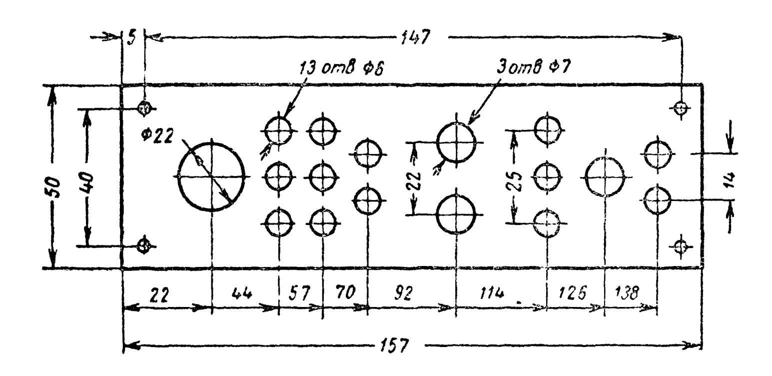


Рис. 71. Конструкция панели связи.

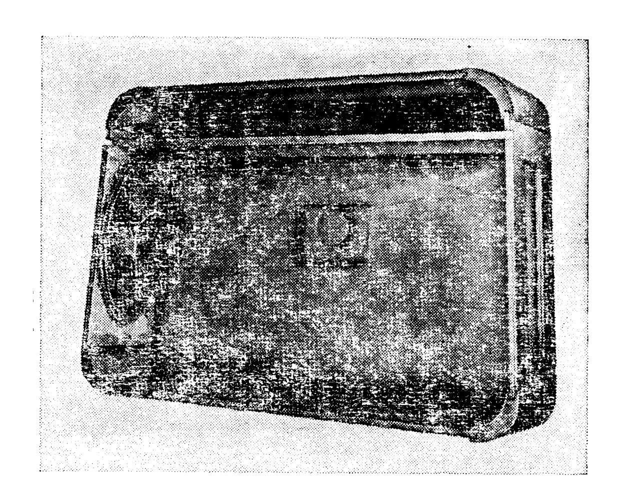


Рис. 72. Внешний вид корпуса магнитофона.

МГШВЭ-0,2. На панели видны монтажные жгуты. Основных жгутов два: один проходит посредине, а другой по краю панели.

После установки монтажных плат на стойки всю конструкцию помещают в деревянный корпус. Перед креплением основной панели устанавливают боковую панель связи четырьмя винтами М2,5×10. Затем привинчивают панель к корпусу, устанавливают в отсек блок питания и закрывают его крышкой. На этом сборка магнитофона заканчивается. Внешний вид магнитофона показан на рис. 74.

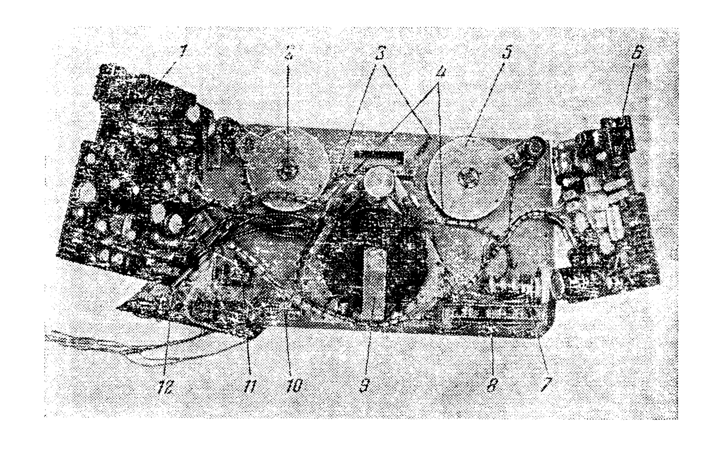


Рис. 73. Основная панель в сборе.

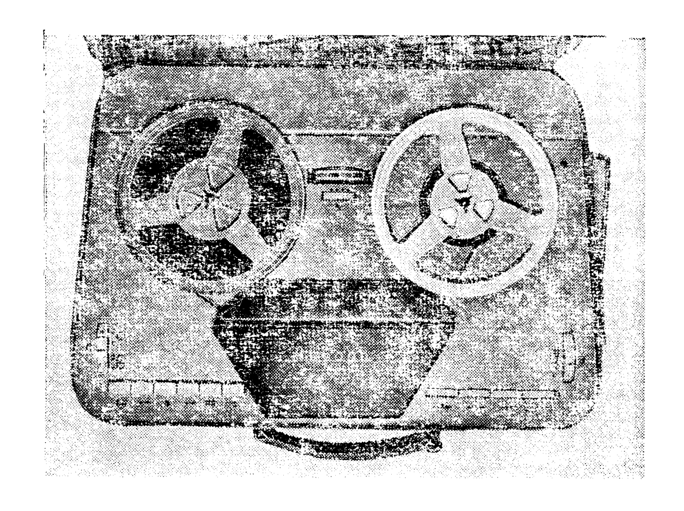


Рис. 74. Внешний вид магнитофона.

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ
НАСТРОЙКА И ИСПЫТАНИЕ

ОБЩАЯ ПРОВЕРКА МАГНИТОФОНА

Для удобства проверки магнитофон необходимо вынуть из корпуса, а платы I и II снять с основной панели магнитофона и разложить в стороны, как показано на рис. 73. Основную панель надо укрепить на технологических стойках для придания конструкции устойчивости. Крышки блока головок надо снять.

Проверку на функционирование всех частей магнитофона проводят следующим образом. Предварительно сбрасывают все кнопки переключателя $П_7$, а переключатель $П_9$ устанавливают в положение «местное управление». Через амперметр подают питание на магнитофон. Показание прибора должно быть равно нулю. Нажимают кнопку «Стоп», при этом планка механизма прижимного ролика должна установиться в исходное положение. Устанавливают катушки № 15 с магнитной лентой, на которой предварительно записывают на аналогичном магнитофоне, например «Яуза-10», различные частоты на четырех дорожках. Например, на 1-й дорожке — 100 *гц*, на 2-й — 400 *гц*, на 3-й — 1 500 *гц* и на 4-й — 5 000 *гц*. Нажимают кнопку «Левая перемотка». За время не более 3 *мин* лента должна быть перемотана с правой на левую катушку. В конце перемотки нажимают кнопку «Стоп», при этом должно произойти плавное торможение ленты без образования петель. Аналогично проверяют качество ускоренной перемотки вправо и торможение в конце перемотки. В режиме «перемотка» потребление от источника не должно превышать 400 *ма*. В режиме «Стоп» потребление равно 50 *ма*.

Установив переключатель $П_1$ в Положение «моно-9,53 *см/сек*», нажимают кнопку «Дорожка 1», а затем кнопку «Воспроизведение», при этом втягивается на короткое время якорь правого соленоида и выбрасывается из упора левый край планки механизма прижимного ролика к головкам и прижимный ролик прижимает ленту к ведущему валу. Ведущий вал должен вращаться против часовой стрелки, а правый приемно-подающий узел, вращаясь против часовой стрелки, осуществляет подмотку ленты. Определяют скорость движения ленты путем измерения времени прохождения заранее отмеренного отрезка магнитной ленты.

Более подробно методы измерения средней скорости движения ленты описаны в литературе [Л. 3]. Далее нажимают кнопку «Дорожка 3». Лента должна двигаться в ту же сторону и с той же скоростью. При нажатии кнопки «Дорожка 2» якорь левого соленоида должен, втянувшись на короткое время, подтянуть левый край планки механизма прижимного ролика и выбросить из упора правый край этой планки к головкам. Одновременно должен произойти реверс направления вращения ведущего вала, остановиться правый приемно-подающий узел и начать вращаться левый, подматывая ленту. Измеряют снова среднюю скорость движения ленты. При нажатии кнопки «дорожка 4-я» лента должна двигаться в ту же сторону и с той же скоростью.

Не останавливая магнитофона, нажимают и отпускают кнопку «Кратковременный стоп». Оба соленоида должны отвести планку

механизма прижимного ролика в исходное состояние, движение ленты должно прекратиться, а ведущий вал должен продолжать вращаться в ту же сторону. Из положения «Кратковременный стоп» переходят на воспроизведение (запись) любой дорожки, нажимая соответствующие кнопки переключателя номеров дорожки.

Переключатель $П_1$ переводят в положение «Моно-4,76 *см/сек*» и измеряют среднюю скорость движения ленты. Для проверки срабатывания схем реверса от контактных колонок на короткое время замыкают обе половинки правой колонки, при этом должен произойти реверс движения ленты. При замыкании контактов левой колонки лента должна двигаться влево. Далее нажимают кнопку «Стоп». Планка лентоприжима должна установиться в исходное положение, а электродвигатели — обесточиться.

После этих проверок производят регулировку универсальных и стирающих головок по высоте [Л. 3].

Затем проверяют коммутацию головок и усилителей. В режиме «воспроизведение» включают 1-ю дорожку. Контрольный усилитель должен воспроизводить тон 100 *гц*. Таким же образом проверяют правильность коммутации остальных дорожек. В этом режиме проводят проверку автоматического перехода с дорожки на дорожку от контактных колонок. Дорожки должны циклически переключаться при последовательном замыкании контактных колонок. Сначала включают 1-ю дорожку, при этом должна воспроизводиться частота 100 *гц*. Замыкая левую контактную колонку, убеждаются, что включалась 2-я дорожка по воспроизведению частоты 400 *гц* и т. д.

Номер дорожки параллельно контролируют по индикатору, переводя кнопку $П_6$ в положение «Номер дорожки». Настройка индикатора сводится к подбору резисторов R_{88}—R_{91}. Нажатием кнопки $П_2$ устанавливают дорожку и подбирают сопротивление резистора R_{90} такой величины, чтобы стрелка индикатора установилась в средине 1-го сектора. При этом напряжение источника питания должно быть равно номинальному. Аналогично ведется подбор резисторов R_{91}, R_{88} и R_{89} соответственно для 2, 3 и 4-й дорожек.

Затем проверяют правильность коммутации стирающих головок. Для этого переключатель $П_1$ устанавливают в положение «Моно-9,53 *см/сек*» и в режиме «запись» включают 1-ю дорожку. Включение режима «запись» производится нажатием двух кнопок переключателя «Запись» и «Воспроизведение». Стирают небольшой участок ленты и в режиме «Воспроизведение» проверяется качество стирания на этой дорожке. Уровень воспроизводимого сигнала на остальных дорожках должен оставаться неизменным. Аналогично проверяют качество стирания на всех остальных дорожках.

Далее проверяют правильность коммутации стирающих головок в режиме «стерео». Для этого переключатель $П_1$ устанавливают в положение «Стерео-9,53 *см/сек*», включают в режиме «запись» 1-ю и 3-ю дорожки и проверяют качество стирания на обеих дорожках. Аналогично проверяется качество стирания на 2-й и 4-й дорожках.

После этого проверяют сквозной канал на функционирование каждой дорожки. На гнездо «Вход моно» подают сигнал с частотой 1 000 *гц*. Устанавливают уровень записи, соответствующий 100%-ной модуляции ленты (по индикатору), нажав предварительно кнопку «Запись», а переключатель $П_6$ установив в положение «Уровень» и включают режим «Запись». Последовательно на всех

дорожках производят запись сигнала. После этого в режиме «воспроизведение» убеждаются в произведенной записи на всех дорожках.

ПРОВЕРКА КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МАГНИТОФОНА

Измерение амплитудно-частотных характеристик каналов воспроизведения, записи и сквозного канала проводятся по методике, описанной в литературе (например, [Л. 3]). Амплитудно-частотные характеристики этих каналов приведены на рис. 7, 8 и 9. Измерение коэффициента детонации проводят по методике, описанной в разделе «Макетирование».

В результате проведенной проверки были получены следующие основные качественные показатели разработанного магнитофона:

1. Полоса пропускания сквозного канала на линейном выходе:
   на скорости 9,53 *см/сек* 30 — 12 000 *гц*,
   на скорости 4,76 *см/сек* 50—6 000 *гц*.
2. Коэффициент нелинейных искажений $\leqslant 3\%$.
3. Отклонение скорости от номинального значения $\leqslant 0{,}5\%$.
4. Коэффициент детонации 0,25%.
5. Динамический диапазон 45 *дб*.
6. Переходное затухание между моноканалами 30 *дб*.
7. Переходное затухание между стереоканалами 30 *дб*.
8. Рассогласование характеристик стереоканалов $\leqslant 5$ *дб*.
9. Время ускоренной перемотки $\leqslant 3$ *мин*.
10. Время запуска $\leqslant 2$ *сек*.
11. Время пуска в диктовальном режиме 0,1 *сек*.
12. Габаритные размеры $420 \times 270 \times 125$ *мм*.
13. Вес:
    с кассетой выпрямителя для питания от сети переменного тока 6,0 *кг*;
    с кассетой гальванических батарей 6,7 *кг*.
14. Выходная мощность контрольного усилителя $\leqslant 1$ *вт*.
15. Чувствительность:
    по микрофонному входу $\leqslant 1$ *мв*;
    по линейному входу $\leqslant 1$ *в*.
16. Напряжение на линейных выходах $\leqslant 0{,}5$ *в*.
17. Длительность работ магнитофона при питании от гальванических батарей типа «Марс» и соотношении режимов «запись»/«воспроизведение» равном $1/3$ — 10 *ч*.

ГЛАВА ПЯТАЯ

РАБОТА С МАГНИТОФОНОМ

ПРИМЕНЕНИЕ МАГНИТОФОНА

Применение в магнитофоне импульсного метода вносит некоторые особенности в его управление. Включение магнитофона проводится нажатием одной из кнопок, например кнопки «Стоп». Режим «запись» устанавливается нажатием кнопки «Запись», при этом лентопротяжный механизм обесточен. Пуск ленты в режиме «Запись» требует одновременного нажатия двух кнопок «Запись» и «Воспро-

изведение». Такое разделение удобно с двух точек зрения. Во-первых, исключается случайность стирания записи, а, во-вторых, есть возможность без пуска ленты устанавливать нужный уровень записи и контролировать сигнал через контрольный усилитель и громкоговоритель. Для коротких пропусков при записи или воспроизведении пользуются кнопкой «Кратковременный стоп». Эта кнопка особенно удобна при использовании магнитофона в качестве диктофона. Однако следует помнить, что такой режим связан с увеличенным потреблением энергии от собственных источников питания в момент остановки. Поэтому при работе от батарей лучше пользоваться кнопкой «Стоп».

Нужная дорожка выбирается нажатием соответствующей кнопки, этот выбор может быть сделан как при работающем, так и выключенном лентопротяжном механизме. Другой функцией этих кнопок является пуск ленты после кратковременной остановки кнопкой «Кратковременный стоп».

Если необходимо осуществить автоматический переход с дорожки на дорожку, то следует на концы рабочего участка ленты наклеить металлизированные полоски. Последние лучше всего изготовить из тонкой эластичной фольги длиной не более 10 *мм*. При зарядке магнитной ленты необходимо обратить внимание, чтобы металлизированная наклейка на ракорде была с внешней стороны рабочих поверхностей головок.

Особенностью переключателя режима работы является то, что в режиме «воспроизведение» он служит только для переключения скорости независимо от числа используемых каналов. В любом режиме одновременно участвуют в работе оба предварительных усилителя. Контрольный усилитель подключается к каналу, выбранному нажатием кнопок. Индикатор уровня записи контролирует выходное напряжение обоих предварительных усилителей. С помощью кнопки можно перевести индикатор на контроль любой дорожки и напряжения питания.

В стационарных условиях предусмотрено подключение магнитофона через штепсельный разъем к внешним источникам питания, сигналов и команд. Через этот же разъем производится и выдача сигналов внешним потребителям. Для питания магнитофона может быть использован любой источник питания, имеющий малое внутреннее сопротивление. Этому условию удовлетворяют аккумуляторы с емкостью не менее 3 *а·ч*. Напряжение источника питания должно находиться в пределах 10—20 *в*. Может также быть использован внешний выпрямитель.

С помощью внешних команд можно осуществлять (дистанционное управление):

включение магнитофона;

переключение на режим «запись»;

переключение на режим «воспроизведение»;

остановку с выключением лентопротяжного механизма;

остановку и пуск ленты без выключения лентопротяжного механизма («кратковременный стоп»);

выбор номера дорожек.

Для синхронизации сопрягаемых устройств предусмотрена выдача тактовых импульсов ведущего двигателя, что позволяет, в частности, осуществить электронную синхронизацию скорости движения кинопленки в проекторе со скоростью движения магнитной ленты. Кроме того, это позволяет при установке на киносъемочной

камере контактов осуществить синхронную съемку фильма, т. е. киносъемку с одновременной записью звука. Подробнее это описано в литературе (например, [Л. 10, 11]).

При работе с диапроектором магнитофон включают в режим «стерео». При этом по одному каналу записывают пояснительный

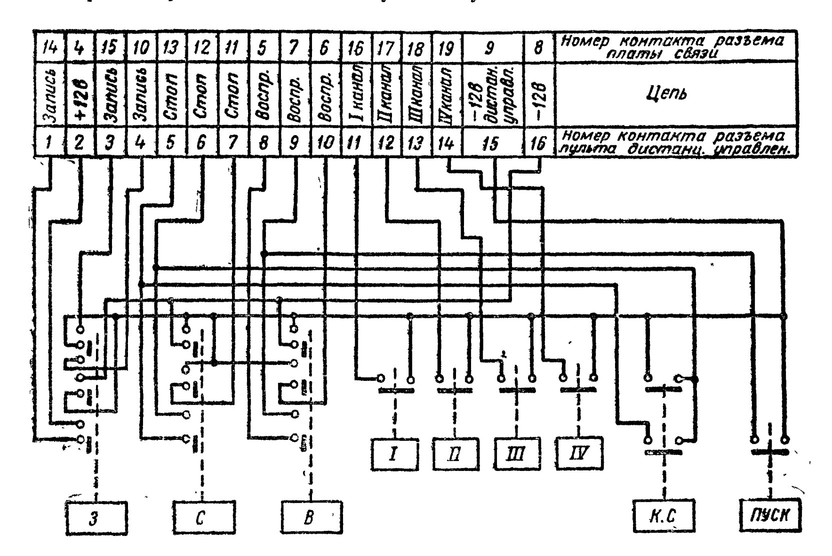


Рис. 75. Принципиальная схема пульта дистанционного управления.

текст к диапозитивам, а по второму — импульсные сигналы, управляющие работой диапроектора. При этом выход первого канала подключают к усилителю низкой частоты, а выход второго канала — к управляющему элементу диапроектора.

В качестве примера рассмотрим дистанционный пульт управления для использования магнитофона в режиме «диктофон». Схема пульта управления приведена на рис. 75. При переводе магнитофона на дистанционное управление переключают переключатель «М—Д» в положение «Д» и расфиксируют кнопки переключателя *1*. После этого управление магнитофона осуществляется от пульта дистанционного управления.

Если магнитофон работает в режиме записи переговоров, то клавишами «Запись» и «Воспроизведение» на пульте устанавливают режим «запись». Одновременно нажатием одной из кнопок выбора дорожки выбирают нужный канал записи. Кнопкой «Кратковременный стоп» производят остановку магнитной ленты в перерывах речи. С началом разговора нажимают кнопку «Пуск», производя запись без предварительного разгона двигателя. При желании кнопки «Кратковременный стоп» и «Пуск» можно выполнить в виде ножной педали.

Для наиболее полной реализации качественных показателей магнитофона необходимо сконструировать стереоусилитель с акусти-

ческой системой для использования в стационарных условиях. Стереоусилитель должен иметь выходную мощность не менее 6 *вт* каждого канала, частотная характеристика должна быть в пределах 20—20 000 *гц* с неравномерностью не более 3 *дб*, а разбаланс между каналами не должен превышать 2 *дб*.

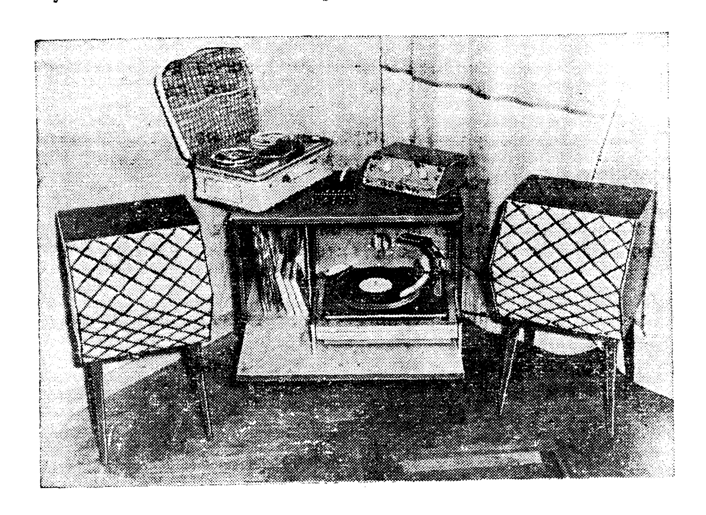


Рис. 76. *Внешний вид магнитофона, стереоусилителя и акустической системы.*

Акустическая система должна быть рассчитана на выходную мощность не менее 8 *вт* по каждому каналу, а частотная характеристика по звуковому давлению должна быть линейна в диапазоне 40—16 000 *гц*.

На рис. 76 приведен внешний вид магнитофона, стереоусилителя и акустической системы, разработанной авторами.

УХОД ЗА МАГНИТОФОНОМ

Надежность и безотказность работы магнитофона зависят от правильного, аккуратного обращения с ним и систематического ухода.

Лентопротяжный механизм нуждается в периодической чистке и смазке. Смазку трущихся частей лентопротяжного механизма необходимо производить через каждые 250—300 *ч* работы. При длительной работе магнитофона у головок и направляющих колонок скопляется ферромагнитная пыль с магнитной ленты. Ее необходимо удалять кисточкой, смоченной в спирте. Ленту и головки необходимо защищать от воздействия внешних магнитных полей. Необходимо периодически производить размагничивание деталей лентопротяжного механизма с помощью размагничивающего соленоида [Л. 1—3].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Трехлетняя эксплуатация разработанного магнитофона показала, что заложенные в конструкцию принципы полностью себя оправдали, магнитофон удобен в управлении и надежен в эксплуатации.

Учитывая последние достижения техники магнитной записи и опыт эксплуатации этого магнитофона, авторы считают, что радиолюбителям, собирающимся повторить данную конструкцию, следует для улучшения качественных показателей внести следующие изменения:

заменить коллекторные электродвигатели на бесколлекторные;

заменить ведущий пассик круглого сечения на плоский;

ввести кнопку «Пуск» лентопротяжного механизма после кратковременной остановки;

ввести автоматическую регулировку уровня записи;

в режиме диктофона ввести автоматический пуск и остановку лентопротяжного механизма после начала и конца произносимой фразы;

заменить высокоомные универсальные магнитные головки низкоомными;

ввести обратное подмагничивание магнитной ленты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Курбатов Н. В. и Яновский Е. Б., Справочник по магнитофонам, изд-во «Энергия», 1966.

2. Корольков В. Г. и Лишин Л. Г., Электрические схемы магнитофонов, изд-во «Энергия», 1967.

3. Корольков В. Г., Испытания магнитофонов, изд-во «Энергия», 1965.

4. Тищенко А. М., Лебедев Б. М. и др., Расчет и проектирование импульсных устройств на транзисторах, изд-во «Советское радио», 1964.

5. Колищук В. Т. и Травников Е. Н., Конструирование и расчет магнитофонов, изд-во «Техника», 1965.

6. Техника магнитной записи. Сборник статей. Перевод с немецкого под ред. М. А. Розенблата, Изд-во иностр. лит., 1962.

7. Дубенский А. А., Бесконтактные двигатели постоянного тока, изд-во «Энергия», 1967.

8. Пахомов Ю. Д., Зарубежные магнитофоны, Госэнергоиздат, 1961.

9. Мазо Я. А., Магнитная лента, изд-во «Энергия», 1968.

10. Борисов Е. Г. и Самодуров Д. В., Аппаратура для озвучивания любительских фильмов, изд-во «Энергия», 1967.

11. «Техника кино и телевидения», 1961, № 9.

Цена 27 коп.